PROTOTIPO DE ALBERGUE TEMPORAL EN SITUACIÓN DE EMERGENCIA EN BOGOTÁ

Diego Marcelo Lara Rodríguez

José Luis Ramírez Gutiérrez

Universidad La Gran Colombia

Facultad de arquitectura- Programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Bogotá D.C

2018

Contenido

Resumen 9

Introducción 11

Marcos referenciales 16

Marco Teórico 16

Contexto local 16

Análisis técnico módulo propuesto por la Cruz Roja 22

Confort térmico 23

Estabilidad estructural 28

Referentes para envolvente 31

Panel en papel reciclado 31

Panel en fibra de vidrio 33

Panel con tubos de cartón 34

Madera sintética Ecoplack 36

Hdf 37

Referentes para cubierta 38

Plástico recuperado 39

Membrana tejido en poliéster 40

Referente para la estructura 42

Sigma 42

Marco Conceptual 44
Albergue temporal 44
Estabilidad estructural 45
Tracción 45
Confort térmico 46
Industrialización 47
Autoconstrucción 47
Metodología 48
Análisis y desarrollo 48
Pruebas de rendimiento térmico 49
Prueba de desgarro 51
Estructura 54
Articulaciones 55
Industrialización y modulación 59
Transportación 64
Presupuesto 66
Conclusiones 67
Anexos 69
Referencias bibliográficas 76

Tabla de figuras

Figura 1 Árbol de problemas. 14

Figura 2. Relaciones de los sobrevivientes ante un desastre natural. 18

Figura 3. Zonas de respuesta sísmica Bogotá. 19

Figura 4. Índice de vulnerabilidad promedio de edificaciones por localidad. 20

Figura 5. Tipología de Albergues. 21

Figura 6. Ficha técnica tienda tipo mosquitera. 22

Figura 7. Comparación de temperatura entre dos refugios. 24

Figura 8. Comparación de humedad relativa entre dos refugios. 24

Figura 9. Modelo de refugio en bambú. 25

Figura 10. a) Aislado con lámina de polietileno con burbujas de aire b) Aislado por tablero XPS. 25

Figura 11. Comparación de temperatura interior entre dos materiales aislantes. 26

Figura 12 a) Módulo convencional b) Módulo cubierto con materiales retroreflectantes. 27

Figura 13. Variación en los valores de medición de reflectividad de materiales retrorreflectantes. 28

Figura 14. Componentes de telas revestidas. 29

Figura 15. a) Espécimen de lágrima de tela. b) Muestra de lágrimas en las mandíbulas del probador de tracción. 30

Figura 16. La fuerza de rasgado de las telas en ambas direcciones de urdimbre y trama frente al número de intersecciones por unidad se repite. 30

Figura 17. Lodos deshidratados. 32

Figura 18. Placa seca al aire. 33

Figura 19. Sección de panel en fibra de vidrio para muros. 34
Figura 20. Planta y Sección de la Vivienda Temporal de Papel de Shigeru Ban. 35
Figura 21. Refugio temporal con paneles de madera sintética. 37
Figura 22. Detalle cerramiento pared. 38
Figura 23. Habitáculo de muestra 1. 39
Figura 24. Módulo primario vivienda de emergencia. 41
Figura 25. Módulo base estructura Sigma. 43
Figura 26. Estructura plegada. 43
Figura 27. Estructura desplegada. 43
Figura 28. Gráfica comparación temperatura interna y externa M1 - M2. 50
Figura 29. Gráfica comparación humedad relativa interna y externa M1 - M2. 50
Figura 30. Medición comportamiento térmico M1 – M2 51
Figura 31. Probeta A sometida a prueba de rasgado tipo I. 52
Figura 32. Probeta A sometida a prueba de rasgado tipo I. 53
Figura 33. Comparativo comportamiento entre probeta A y B. 54
Figura 34. Estructura esquema en estado plegado. 56
Figura 35. Estructura esquema en estado desplegado. 56
Figura 36. Bisagra tipo tubo. 57
Figura 37. Platina de transición entre basculantes. 58
Figura 38. Platina de transición entre basculantes. 58
Figura 39. Soporte tipo G en aluminio que asegura el ángulo de los basculantes. 59
Figura 40. Unión entre basculantes con bisagras tipo tubo. 59
Figura 41. Conformación de módulos de acuerdo al total de integrantes del núcleo familiar. 62

Figura 42. Cara vertical en estado plegado. 63

Figura 43. Prototipo desplegado.....64

Figura 44. Proyección capacidad de carga camión FTR de 10 toneladas. 65

Lista de tablas

Tabla 1. Comparativo de materiales. Autoría propia. 2018. 42

Tabla 2. Comparativo materiales para la estructura portante del módulo. Autoría propia. 2018 ..55

Tabla 3. Despiece de estructura. Autoría propia. 2018 60

Tabla 4.Presupuesto prototipo. Autoría propia, 2018. 66

Tabla de anexos

Anexo A. Alzado frontal y lateral 69

Anexo B. Planta..... 70

Anexo C. Detalles constructivos 71

Anexo D. Detalles constructivos..... 72

Anexo E. Detalles constructivos. 73

Anexo F. Despiece estructura..... 74

Anexo G. Despiece estructura. 75

Resumen

El presente trabajo investigativo busca proponer una solución constructiva, aplicada a un prototipo habitacional que pretende generar espacios de resguardo y protección para los damnificados de un posible desastre o emergencia pública. Para esto se toman como puntos de partida trabajos de pregrado en la modalidad de monografía en los cuales la línea de investigación está enmarcada sobre hábitat tecnológico y construcción, de tal modo que la propuesta y solución gira en torno a la resolución de estructuras y módulos temporales que cumplen con condiciones de estabilidad estructural, impermeabilidad y confort térmico. Adicional los materiales aportados para la creación de estas estructuras cumplen con características de reutilización de materias primas ya procesadas. Esto con el fin de apropiar los referentes analizados de tal modo que se genere una propuesta técnica en relación a la solución de un sistema de elementos que puedan ser configurados adecuadamente. Al finalizar el trabajo se concluye que la lona de poliéster con especificaciones mayores en peso y densidad al estándar de la Cruz roja se comporta mejor en aspectos como confort térmico e impermeabilidad. Así mismo, la estructura interior al ser propuesta en aluminio aportó para generar un elemento con mayor rigidez y estabilidad.

Por último, el análisis de estructuras dinámicas fue determinante en la eficiencia del volumen final en estado plegado del prototipo, así como para el transporte y el ensamblaje del mismo, en tanto que el módulo tiene la capacidad de aumentar y disminuir su tamaño 140 veces.

Palabras clave: Albergue temporal, emergencia, estabilidad estructural, confort térmico, industrialización, autoconstrucción, estructuras dinámicas, Bogotá.

Summary

The present investigative work seeks to propose a constructive solution, applied to a housing prototype that aims to generate shelter and protection spaces for the victims of a possible disaster or public emergency. For this, undergraduate studies are taken as starting points in the monograph modality in which the research line is framed on technological habitat and construction, in such a way that the proposal and solution revolves around the resolution of temporary structures and modules that meet conditions of structural stability, impermeability and thermal comfort. Additionally, the materials provided for the creation of these structures comply with characteristics of reuse of raw materials already processed. This in order to appropriate the references analyzed in such a way that a technical proposal is generated in relation to the solution of a system of elements that can be configured properly. At the end of the work it is concluded that the polyester canvas with specifications greater in weight and density to the standard of the Red Cross behaves better in aspects such as thermal comfort and impermeability. Likewise, the internal structure when being proposed in aluminum contributed to generate an element with greater rigidity and stability.

Finally, the analysis of dynamic structures was determinant in the efficiency of the final volume in folded state of the prototype, as well as for the transport and assembly of the same, while the module has the capacity to increase and decrease its size 140 times.

Keywords: Temporary shelter, emergency, structural stability, thermal comfort, industrialization, self-construction, dynamic structures, Bogotá.

Introducción

Las emergencias públicas por factores naturales o factores antrópicos, son situaciones que afectan a una determinada población en múltiples aspectos; social, económico, político, físico e inclusive cultural. Bogotá es una ciudad que por su ubicación geográfica situada en la región andina, sobre la cordillera oriental, se establece como una ciudad en donde la constante es el riesgo a una emergencia o desastre a causa de inundaciones, deslizamientos, movimientos telúricos, construcciones informales, entre otros. Este tipo de situaciones repercuten directamente en el diario vivir de cada habitante perjudicado, dependiendo de la magnitud del evento. Sin duda una de las afectaciones más relevantes en este tipo de situaciones es la pérdida parcial o total de la vivienda, lo cual genera una problemática para la sociedad afectada y a todo lo que gira en torno a esta.

El sistema de respuesta ante desastres está encabezado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), le siguen la Cruz Roja, la Defensa Civil, los Bomberos, la Policía y el Ejército. Todas estas entidades cumplen un papel determinante ante un acontecimiento de este tipo, sin embargo solamente la Cruz Roja es el ente encargado de suministrar los lineamientos correspondientes a la respuesta referida al manejo de espacios destinados para el resguardo de la población afectada.

La Cruz Roja dentro de sus planes de atención a emergencias y gestión del riesgo, contempla un documento detallado denominado Manual Nacional para el manejo de Albergues Temporales, allí se encuentra el objetivo del manual, definición de desastre, tipología de escenarios catastróficos – Naturales y Antrópicos, estimación de necesidades y potencial

ubicación, Definición de Albergues, Tipos y soluciones de Albergues Temporales, Parámetros de los Albergues Temporales, entre otros parámetros que suministra dicha entidad en casos de emergencia.

Al detallar la concepción que se tiene para el tema de Albergues Temporales, se puede evidenciar que la Cruz Roja se ha preocupado por establecer parámetros y recomendaciones relacionadas con tipos de albergues, sus características, cuestiones de seguridad, accesibilidad, criterios no estructurales, topografía, criterios estructurales, área de superficie, criterios geológicos, hidrológicos y climatológicos, son aspectos que denotan los procedimientos y el desarrollo que se debe realizar para la aplicación de dichos elementos; en contraste no es evidente una solución técnica y constructiva para los ya mencionados albergues, por el contrario el enfoque es meramente conceptual.

Ahora bien, los entes gubernamentales no son los únicos responsables del tema citado, el sector de la construcción también está implicado intrínsecamente debido a la línea de acción en la que se desenvuelve, suplir las necesidades de alojamiento o refugio desde lo comercial principalmente entre otras actividades; sin embargo contradictoriamente el sector no contempla dentro de sus actividades misionales la creación y diseño de albergues temporales, tal y como Davis (1980) afirma:

> "Si analizamos la construcción de refugios de emergencia tras las catástrofes, enseguida observamos que debe haber muy pocos temas en el campo de la construcción a los que se haya dedicado tanto esfuerzo, en los que se haya gastado tanto dinero y de los que, paradójicamente, se sepa tan poco en realidad" (p.12).

Como consecuencia, el elemento para suplir las emergencias de corto a mediano plazo sugerido por la Cruz Roja es una carpa o tienda de campaña cuya envolvente y cubierta se desarrolla con lona plástica, la cual es fijada con soportes metálicos los cuales hacen las veces de estructura. Al detallar esta solución de refugio se denotan falencias entorno a aspectos como las dimensiones mínimas estipuladas que son de 3.5 m2 cubiertos por persona, el área total de la carpa es de 5.4 m2 para albergar hasta 4 personas. Otro aspecto hace referencia a la estabilidad del elemento, debido a que ante una fuerza vertical de un objeto o inclusive una persona sobre los costados de la carpa ocasiona que esta pierda estabilidad, puesto que la respuesta de la tela ante la presión es baja. Adicional a esto en presencia de una tormenta eléctrica la carpa presenta filtraciones de agua hacia el interior. Otro aspecto no menor es el costo elevado de la carpa que es de $845.000 pesos.

Por consiguiente, se han encontrado análisis de caso como los desarrollados en los artículos *Análisis de antecedentes de forma y función para la identificación de criterios de diseño aplicado en alojamientos temporales* e *Investigación sobre Modularización y Diseño Sostenible de Vivienda Temporal*, en dónde el resultado arroja una serie de desventajas respecto a las carpas o tiendas de campaña utilizadas para albergues temporales, relacionadas con aspectos físicos propios de los materiales, comportamiento físico, capacidad de controlar luz y viento, dimensiones mínimas.

Como consecuencia, los lineamientos y parámetros técnicos y constructivos impartidos por la Cruz Roja en su Manual de Albergues temporales no son suficientes en cuanto no especifican al detalle cómo deberían ser solucionados elementos principales para este tipo de estructuras como la envolvente y la cubierta, dos elementos que son fundamentales en la medida en que aportan condiciones de habitabilidad, estabilidad y protección para quien las habite.

Dadas las condiciones anteriores se plantea la pregunta:

¿Cómo mejorar la propuesta de albergue temporal de la Cruz Roja proponiendo un prototipo de refugio que cumpla condiciones de estabilidad estructural, impermeabilidad y confort térmico en situación de emergencia en Bogotá?

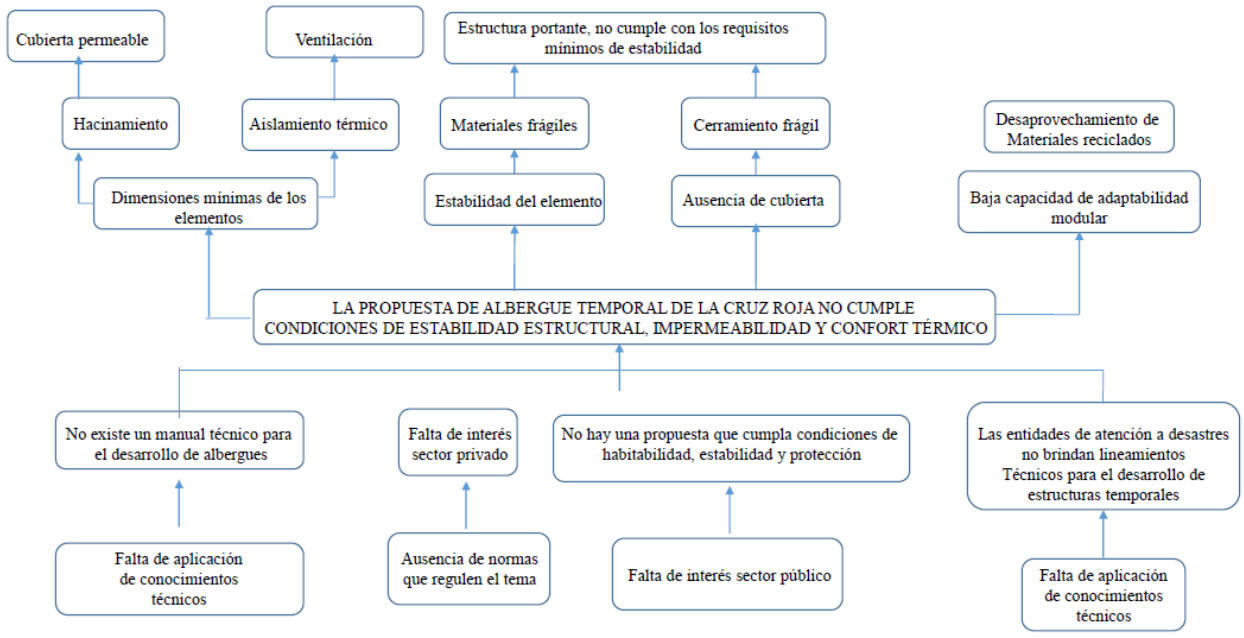


Figura 1 Árbol de problemas.
Fuente: Autoría propia, 2018.

Partiendo de la pregunta problema, se plantea la siguiente hipótesis: Un prototipo de refugio desarrollado con materiales livianos y de bajo costo, que cumpla condiciones de estabilidad estructural, impermeabilidad y confort térmico puede ser utilizado como opción de albergue temporal dando respuesta a la necesidad primaria de refugio ante situaciones catastróficas causadas por factores naturales o antrópicos en la ciudad de Bogotá, en donde las viviendas colapsen y la capacidad de resguardo en una determinada población no sea suficiente.

En efecto, como respuesta a la hipótesis planteada anteriormente, surge como objetivo principal: Proponer un prototipo de albergue temporal que cumpla las especificaciones determinadas por la Cruz Roja colombiana para ser utilizado en situaciones de emergencia en la ciudad de Bogotá.

Para lograr la consecución de lo anterior se proponen los siguientes objetivos específicos:

1) Identificar fortalezas y debilidades del módulo para albergue temporal dispuesto por la Cruz Roja.

2) Analizar referentes sobre prototipos de albergue temporal identificando criterios, conceptos y metodologías.

3) Aplicar los conceptos de la Cruz Roja y los referentes desarrollando la propuesta de albergue temporal.

4) Determinar la estructura y los materiales adecuados para el prototipo.

Marcos referenciales

Teniendo en cuenta la línea investigativa empleada, se hace necesario analizar diferentes referentes que servirán como sustento y apoyo para la resolución de la situación problémica planteada. En este sentido se iniciará por argumentar la investigación desde el marco teórico, en el cual se contextualizará la situación problémica y se citarán proyectos de investigación que han abordado el tema desde una perspectiva técnica. Por otro lado se abordará un marco conceptual, en donde se explicarán distintos conceptos que sustentarán el proyecto de forma teórica.

Marco Teórico

Contexto local

El presente trabajo propende al análisis y estudio de la respuesta técnica y constructiva que se tiene para la solución de albergues temporales, por parte de las unidades de respuesta ante emergencias públicas, bien sea por factores naturales o antrópicos, esto con el fin de proponer una solución así mismo técnica y constructiva para los ya mencionados albergues temporales. Para este fin, se hace necesario traer a colación, una serie de conceptos y nociones que en cierta medida han aportado a la resolución del problema aquí planteado.

En el libro Hábitat transitorio: vivienda para emergencias por desastres en Colombia el autor hace un análisis donde muestra como fenómenos dados por situaciones sociales, económicas, culturales y geográficas como es el caso puntual del desplazamiento, han generado mayor concentración de población en la ciudades principales, la cual, generalmente se hace de manera informal y sobre terrenos poco estables que no cumplen las mínimas especificaciones de sismo-resistencia.

Otro factor a tener en cuenta es que Colombia es una nación vulnerable propensa a sufrir desastres, que a la vez tiene una sociedad sensible que puede verse afectada, bien sea por causas naturales o antrópicas, todo esto por las condiciones geográficas, la configuración morfológica, aspectos sociales, económicos y políticos (Gordillo, 2006).

Por lo que el autor propone una serie de parámetros y lineamientos que permitan en futuras catástrofes suplir con agilidad y eficacia las necesidades básicas de alojamientos temporales para los damnificados, como por ejemplo "factores físicos" dentro de los cuales están los morfológicos, topográficos y los "factores sociales" ya que en la mayoría de desastres, las familias se fragmentan y salen a relucir sectores sociales como líderes comunitarios o madres cabezas de familia.

Bogotá es una ciudad que por su ubicación geográfica situada en la región andina, sobre la cordillera oriental, se establece como una ciudad en donde la constante es el riesgo a una emergencia o desastre a causa de inundaciones, deslizamientos, movimientos telúricos, construcciones informales, inclusive situaciones sociales como desplazamiento forzoso. En este sentido la condición de vulnerabilidad por un desastre se hace inminente en la ciudad, que en un caso particular conllevaría a diversos impactos entorno a diversos frentes tales como el económico, social y productivo.

En consecuencia, cuando se es propenso a un desastre por diversos factores, como producto inmediato surge una emergencia pública, que puede ser definida como una situación que se caracteriza por el des encauce, alteración o interrupción por completo de las actividades y diario vivir de una comunidad determinada, a su vez, se hace necesaria la respuesta inmediata de las entidades públicas y del sector privado (Gordillo, 2006).

Es así como, el mayor impacto se traduce en la pérdida parcial o permanente de la vivienda donde la mayoría de personas optan por alguna de las siguientes alternativas (ver gráfica No.1).

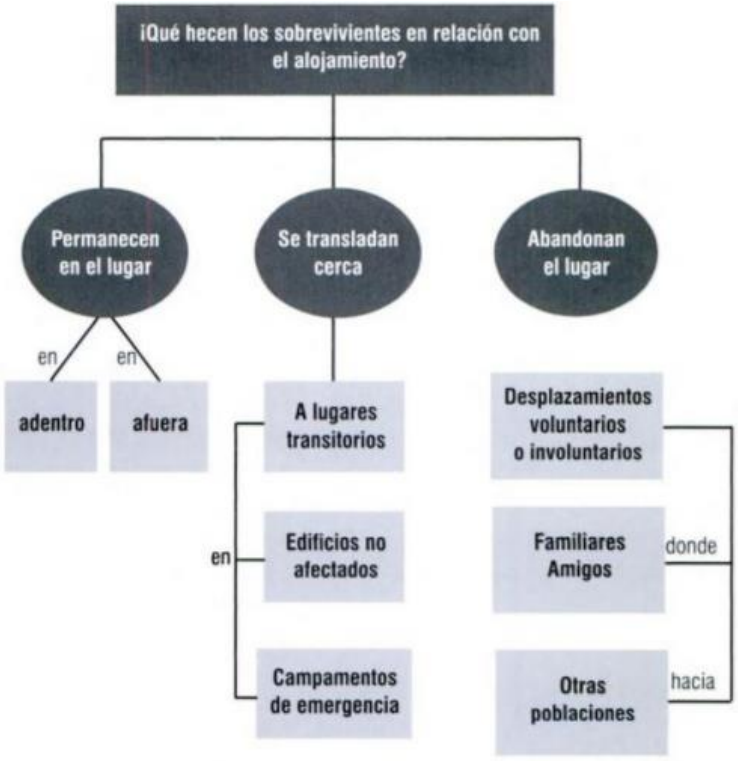


Figura 2. Relaciones de los sobrevivientes ante un desastre natural.
Fuente: UNAL. 2006

Como ya se ha mencionado con anterioridad, Bogotá es una ciudad propensa s sufrir emergencias por diversos factores, para este caso es importante resaltar que uno de los que mayor repercusión traería sobre la población y gran parte de la infraestructura capitalina sería un sismo de gran magnitud. Para ello es de relevancia conocer las diferentes clasificaciones que se contemplan dentro de la microzonificación sísmica.

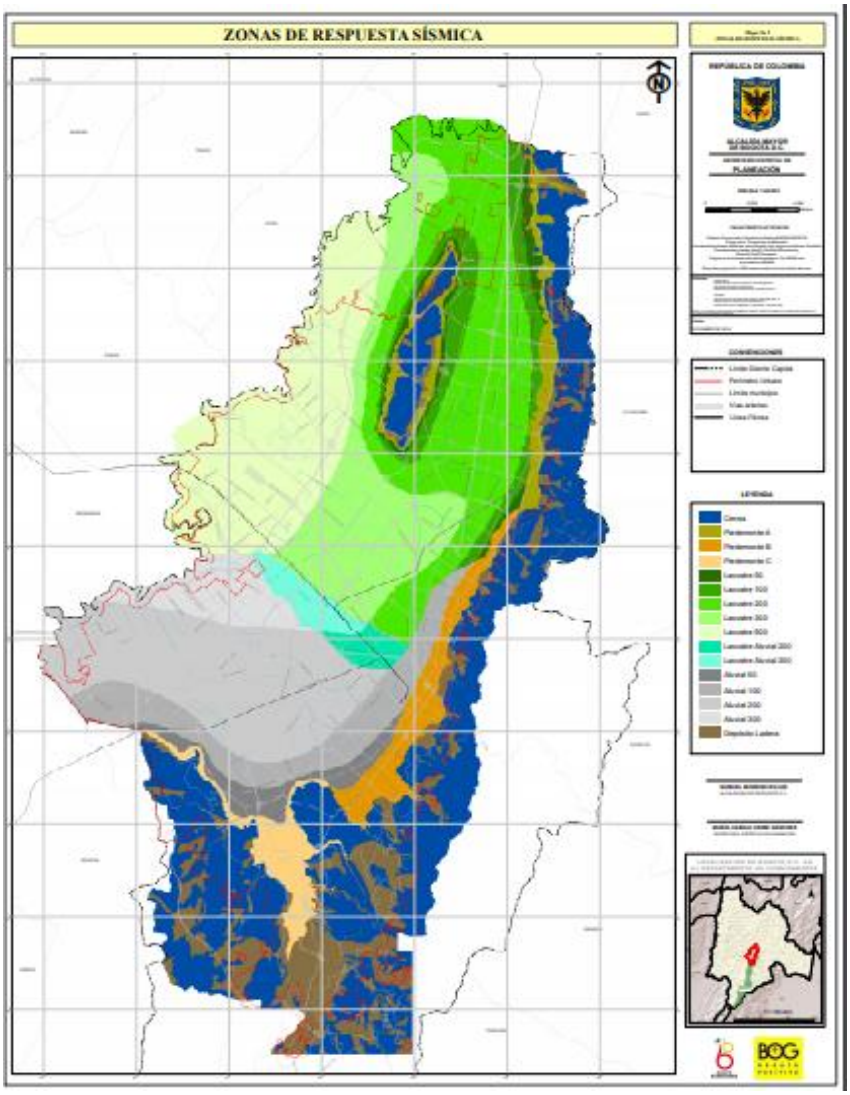


Figura 3. Zonas de respuesta sísmica Bogotá.
Fuente: Sociedad Colombiana de Geotecnia. 2010.

Dadas las condiciones ilustradas en la figura No. 3 se puede evidenciar que la ciudad está emplazada en un territorio con múltiples condiciones físicas y geográficas, las cuales son determinantes al momento de un eventual sismo, pues de ellos dependerá como responderán estructuralmente las diferentes estructuras sobre las cuales están sustentados los edificios allí construidos. Esto repercutirá finalmente en cuántos edificios quedarán en pie y cuantos no.

Según las cifras dadas por el FOPAE, se estima los índices de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la capital de la siguiente manera: las localidades con mayor índice de afectación son Candelaria, Santafé y Tunjuelito con el 50% de posible afectación, tal y como se representa en la monografía titulada Prototipo de vivienda emergente con material alternativo de Jaime Medina.

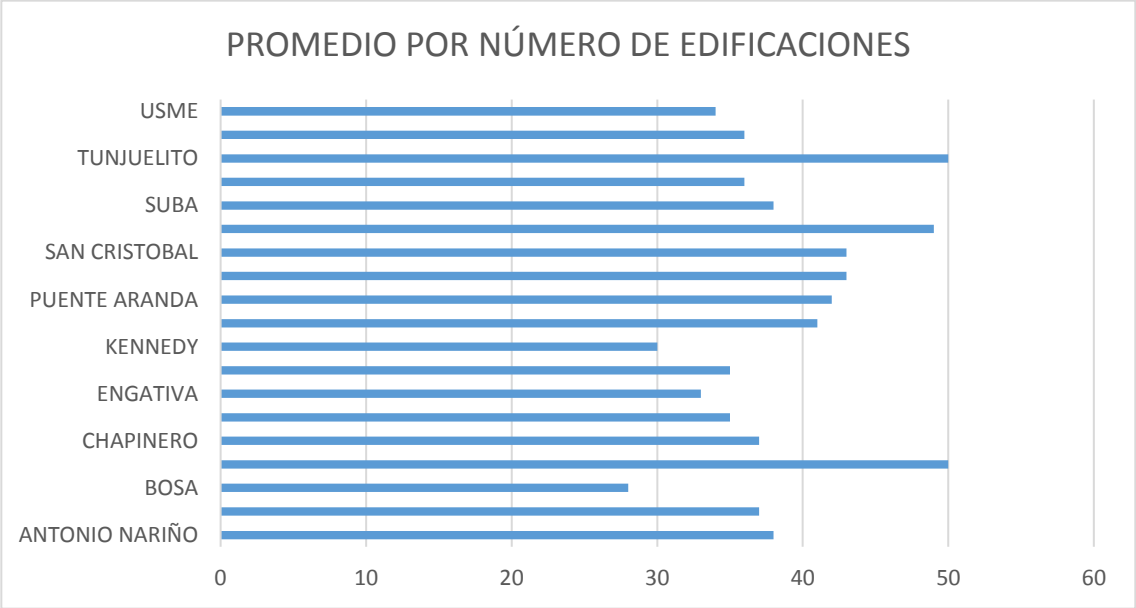


Figura 4. Índice de vulnerabilidad promedio de edificaciones por localidad.
Fuente: Jaime Medina. 2013.

El sistema de respuesta ante desastres está encabezado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), le siguen la Cruz Roja, la Defensa Civil, los Bomberos, la Policía y el Ejército. Todas estas entidades cumplen un papel determinante ante un acontecimiento de este tipo ya que la capacidad de respuesta está determinada por las medidas que tome una sociedad (instituciones y población) de tal modo que se reaccione de acuerdo a una situación presentada, tanto en la capacidad de responder instantáneamente, controlar y

recuperarse. El resultado final está sujeto a la organización, la planeación y una buena ejecución, conllevando así a sufrir menos impactos en infraestructura y en la sociedad misma (Idiger, 2018).

Sin embargo, en Colombia solamente la Cruz Roja es el ente encargado de suministrar los lineamientos técnicos correspondientes a la respuesta referida al manejo de espacios destinados para el resguardo de la población afectada.

Para referirse a la respuesta o solución técnica y constructiva que la Cruz Roja aporta en casos de emergencia pública, la entidad propone una serie de tipologías que clasifican distintas variaciones de albergues según la clase de desastre que ocurra y su magnitud, como se puede evidenciar en la siguiente figura.

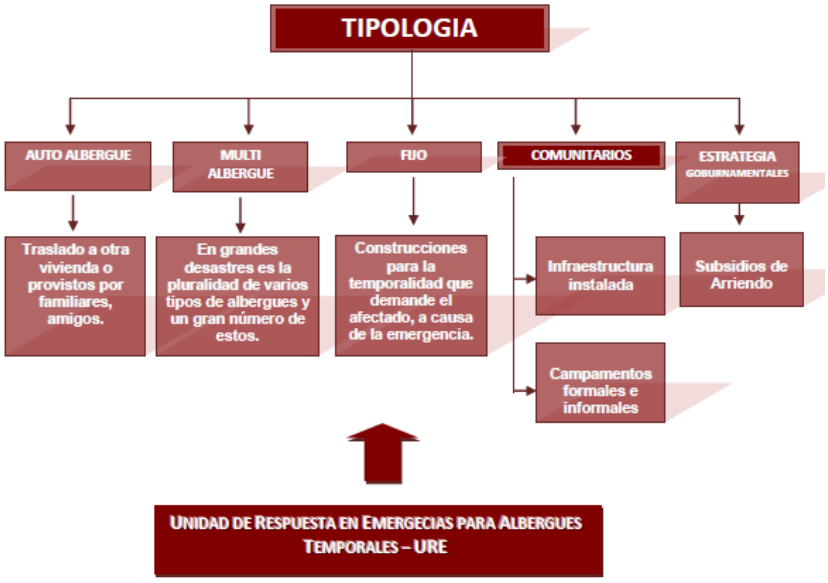


Figura 5. Tipología de Albergues.
Fuente: Cruz Roja Colombiana. 2014.

Análisis técnico módulo propuesto por la Cruz Roja

Cuando se produce una emergencia por factores naturales o antrópicos en la ciudad de Bogotá y los espacios que albergan a la población se ven afectadas estructuralmente, surge la necesidad de generar espacios que sirvan como albergues temporales en una primera etapa comprendida en un período de tiempo de 10 a 30 días. En este punto la respuesta inmediata para suplir la necesidad de un techo se hace mediante la disposición de módulos con las siguientes características:

Figura 6. Ficha técnica tienda tipo mosquitera.

Fuente: SLRescue. 2016.

Si se establece un análisis del módulo que se propone desde la Cruz Roja se evidencia que las especificaciones en relación al área mínima sugeridas en el manual nacional para el manejo de albergues temporales no se cumplen, pues se establece que el área mínima cubierta por persona debería ser de 3.5 m2, el área del módulo utilizado en emergencias recientes como la de Mocoa es de 2.86 m2. Otro aspecto tiene que ver con la capacidad impermeable del módulo pues ante la presencia de lluvias se presentan filtraciones en la cubierta y envolvente haciendo necesario la construcción de sobrecubiertas para mitigar inundaciones al interior del módulo. Adicionalmente la altura central del módulo es de 120 cm lo que conlleva a dificultad de movimientos al interior del mismo.

Confort térmico

Para establecer un análisis adecuado siguiendo una metodología de estudio se analizó el artículo Assessing the thermal performance of temporary shelters (Evaluar el rendimiento térmico de refugios temporales), en el cual se desarrollan una serie de pruebas exteriores e interiores en módulos que simulan las condiciones térmicas y de humedad relativa. En los últimos siete años, el oeste de China experimentó varios desastres naturales de alto perfil, incluido el Wenchuan M8.0. terremoto en 2008 y el terremoto Lushan M7.0 en 2013, que resultó en 5 y 2 millones de víctimas sin hogar, respectivamente. (Yu, 2016)

El objetivo de este estudio es mejorar las condiciones dentro de refugios temporales para poblaciones no desplazadas de desastres naturales, mediante estudios de campo en los asentamientos transitorios. El problema se centra en un típico refugio de emergencia era una carpa en la que las víctimas solían pasar de 3 a 6 meses. Los ocupantes sufrían de calor y humedad extremos en verano y frialdad y viento fuerte en invierno, lo que era perjudicial para su recuperación del desastre, tanto física como psicológicamente.

Para desarrollar las pruebas se procedió así:

1. Para conocer el rendimiento térmico del refugio temporal, se eligió un cuarto típico de madera de bambú.
2. Se instalaron dos juegos de registradores de datos Testo 175 H1 a 1,8 m por encima del suelo, tanto dentro como fuera de la habitación.
3. Los instrumentos registraron la temperatura y la humedad relativa (HR) del aire a intervalos regulares.

4. Se realizó una prueba comparativa en una habitación vacía de madera de bambú.

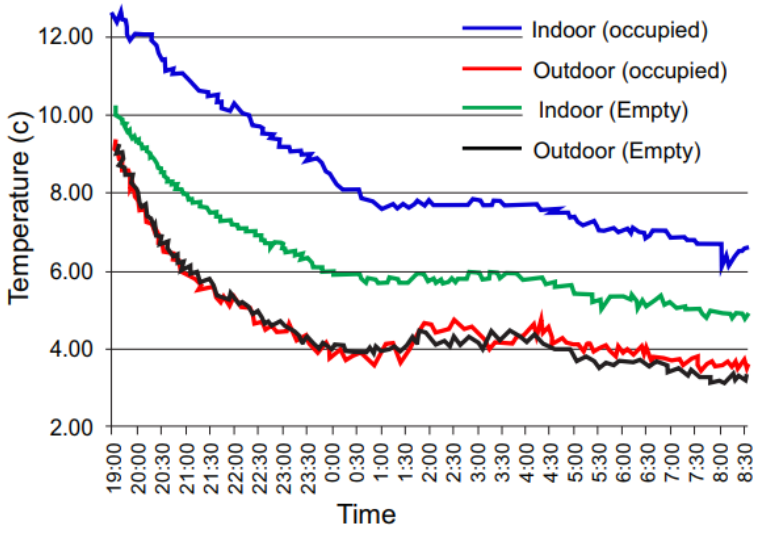


Figura 7. Comparación de temperatura entre dos refugios.
Fuente: Ying Yuab, Enshen Longa, Yuan Shena, Hongxing Yangb. 2016

En la figura 7 se muestra como disminuyó rápidamente la temperatura desde las 19:00 hasta las 24:00 y de forma gradual después de las 0:00 en las cuatro condiciones. Se registró una temperatura de 12.8 °C en el módulo habitado con una variación de solo 3-4 °C.

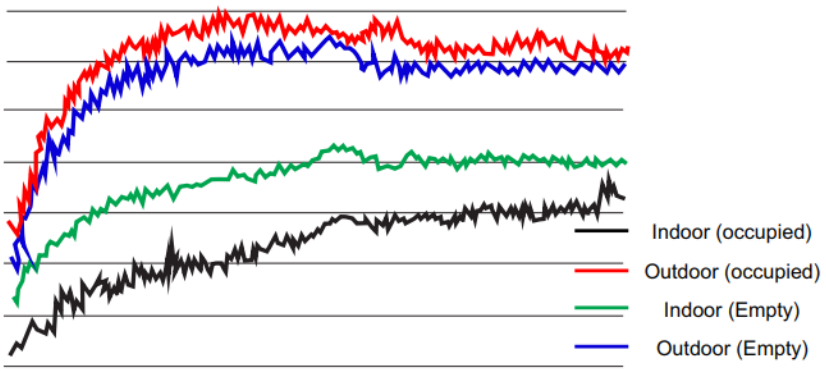


Figura 8. Comparación de humedad relativa entre dos refugios.
Fuente: Ying Yuab, Enshen Longa, Yuan Shena, Hongxing Yangb. 2016.

En la figura 8 se evidencia una variación del 6 al 9 % entre la habitación vacía y la ocupada.

Debido al bajo rendimiento térmico del modulo se hicieron tres módulos con el objetivo de concluir cuales son las mejores alternativas en cuanto a materiales para poder brindar confort térmico. Los módulos tenían las mismas medidas 1.2m × 1.0m × 0.8m (H), los muros se hicieron con esterilla de bambú recubiertas en su interior con una lámina de polipropileno y los techos con láminas de zinc, cemento de fibra de vidrio y resina sintética.

Figura 9. Modelo de refugio en bambú.
Fuente: Ying Yuab, Enshen Longa, Yuan Shena, Hongxing Yangb. 2016.

Para el modelo experimental se realizan las pruebas en cuatro situaciones distintas: a) Con y sin la fuente de calor interna. b) Tres materiales de techo c) Diferentes materiales de aislamiento en la pared d) Entre medidas combinadas de techo y pared.

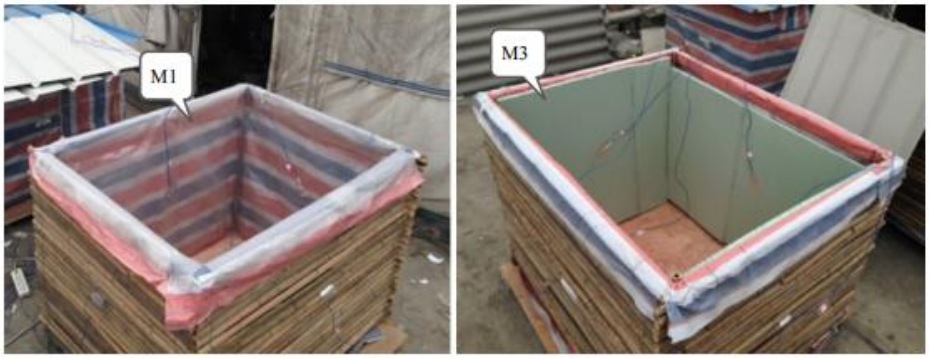


Figura 10. a) Aislado con lámina de polietileno con burbujas de aire b) Aislado por tablero XPS.
Fuente: Ying Yuab, Enshen Longa, Yuan Shena, Hongxing Yangb. 2016.

Posterior al desarrollo de las pruebas se obtiene la siguiente gráfica

Figura 11. Comparación de temperatura interior entre dos materiales aislantes.
Fuente: Ying Yuab, Enshen Longa, Yuan Shena, Hongxing Yangb. 2016.

La figura 11 muestra que la temperatura interior entre el módulo 1 y 3 fue 1~ 2°C mayor al módulo que no estaba aislado. La temperatura del módulo 2 era mayor a 30 ° C casi el doble de la temperatura exterior. El material más estable fue el cemento de fibra de vidrio.

En este sentido se toma el estudio como referente metodológico para desarrollar las pruebas tanto al módulo propuesto por la Cruz Roja como a los que van a ser propuestos como prototipos, con el fin de obtener las condiciones óptimas de temperatura al interior del prototipo y así lograr un confort térmico.

Partiendo de la base que el análisis de albergues temporales ha sido objeto de estudio por diversos frentes, como el académico, entidades del gobierno, fundaciones, entre otros. Se hace necesario someter a análisis algunos referentes que puedan aportar conceptos claves entorno a la solución constructiva alusiva a elementos de cerramiento o envolvente, soluciones en cubierta y materiales utilizados, para el desarrollo de la presente investigación.

Siguiendo con los referentes para la mejora del confort térmico en espacios temporales, se trae a referencia el estudio Effect of retro-reflective materials on temperature environment in tents (Efecto de los materiales retroreflectivos en el ambiente de temperatura en carpa). En este estudio se hace un análisis de la incidencia de la radiación solar sobre los módulos y como eleva extremadamente la temperatura al interior del mismo. Aunque en Bogotá no hay estaciones en donde varíe drásticamente el clima, si existe un grado de radiación solar considerable, por lo que se hace necesario tener presente las prestaciones de ciertos materiales para el manejo de la temperatura interna en los módulos.

Datos experimentales muestran que en una ciudad con una temperatura promedio de los 30° en una carpa abierta puede llegar a los 40 ° y en una cerrada a los 50°. (Zhang, 2017)

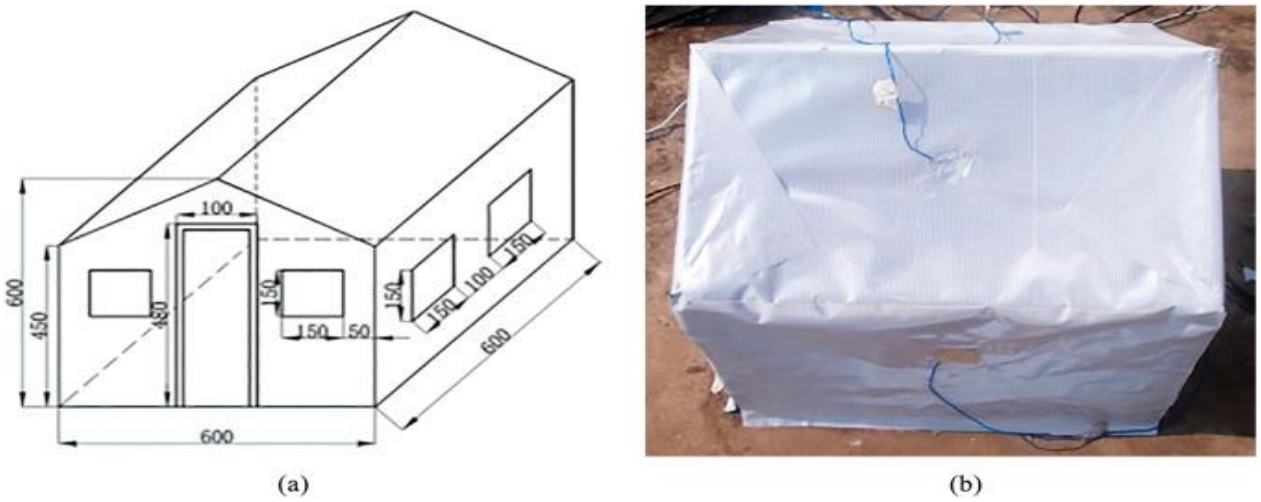


Figura 12 a) Módulo convencional b) Módulo cubierto con materiales retroreflectantes.
Fuente: Ying Yuab, Enshen Longa, Yuan Shena, Hongxing Yangb. 2017.

Se desarrollan pruebas sobre el módulo que está cubierto con el material retroreflectivo y arroja los siguientes resultados.

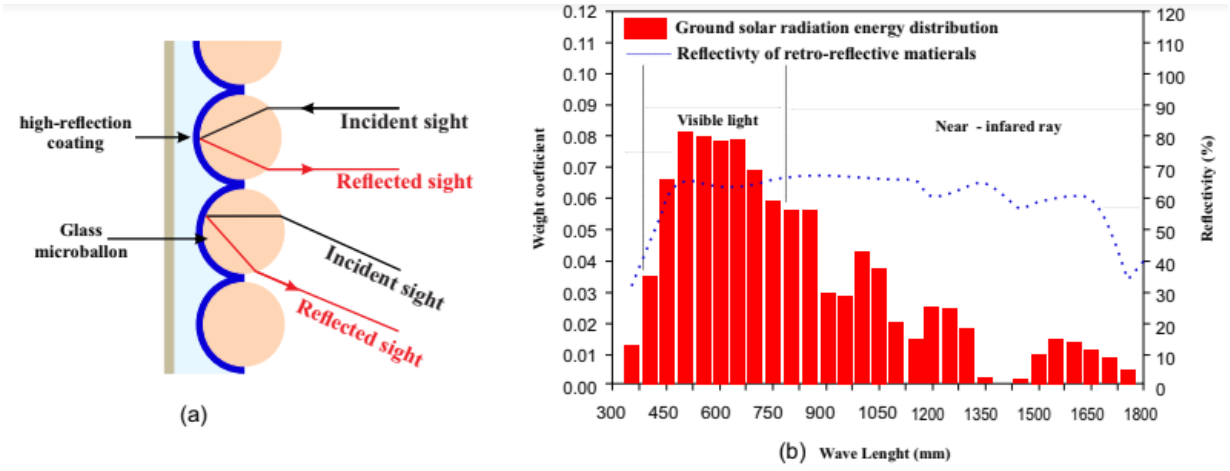


Figura 13. Variación en los valores de medición de reflectividad de materiales retrorreflectantes.
Fuente: Ying Yuab, Enshen Longa, Yuan Shena, Hongxing Yangb. 2017.

Como se muestra en la figura, los materiales retroreflectantes combinan la propiedad óptica del micro globo de vidrio y la propiedad de reflectividad del revestimiento de alta reflexión.

Los valores de diferencia de sus temperaturas máximas y temperaturas promedio pueden ser de hasta 7.7 ° C y 4.8 ° C a la luz del día, respectivamente, debido a la utilización de materiales retroreflectantes. Los materiales que se pusieron a prueba se demostraron que son capaces de disminuir la temperatura dentro del módulo en 15 ° C, lo cual se traduce en una disminución considerable de temperatura al interior del prototipo en horas del día en donde la radiación solar en Bogotá se hace más intensa.

Estabilidad estructural

Dadas las condiciones físicas y estructurales de los módulos para emergencias se hace necesario analizar el comportamiento mecánico de los materiales a utilizar, referido a esfuerzos principalmente. Para este punto se propone como objeto de análisis el estudio Structural

parameters affecting tear strength of the fabrics tents (Parámetros estructurales que afectan la resistencia al desgarro de las tiendas de telas). Por consiguiente se realiza una investigación descriptiva donde se definen las pruebas a las que son sometidos los textiles y las condiciones mecánicas y físicas que deberían cumplir para dar respuesta ante los esfuerzos a los que pueden ser sometidos.

Como parte principal de los albergues temporales se encuentran envolventes como telas y membranas que aportan eficiencia al módulo según propiedades mecánicas del tejido y se rigen por propiedades de fricción y condiciones geométricas tales como el número de hilos el grado de densidad del relleno del hilo dentro de la estructura (Eltahan, 2018).

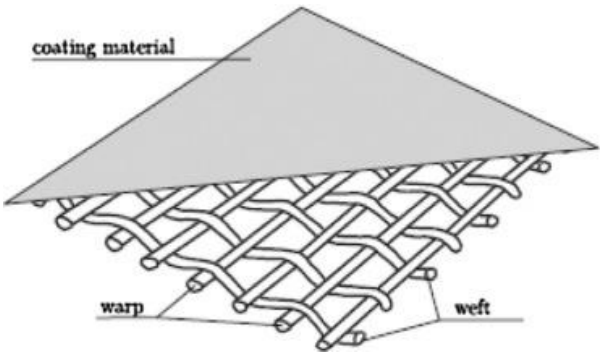


Figura 14. Componentes de telas revestidas.
Fuente: Eman Eltahan. 2018.

En la figura 14 se muestra su composición básica, material de recubrimiento, trama y deformación.

Para lograr saber con claridad la eficiencia de un material se debe realizar pruebas de resistencia a la ruptura la cual se desarrolla por medio del método de lágrima de la lengua o mediante el método de lágrima trapezoidal como se muestra en la figura 15.

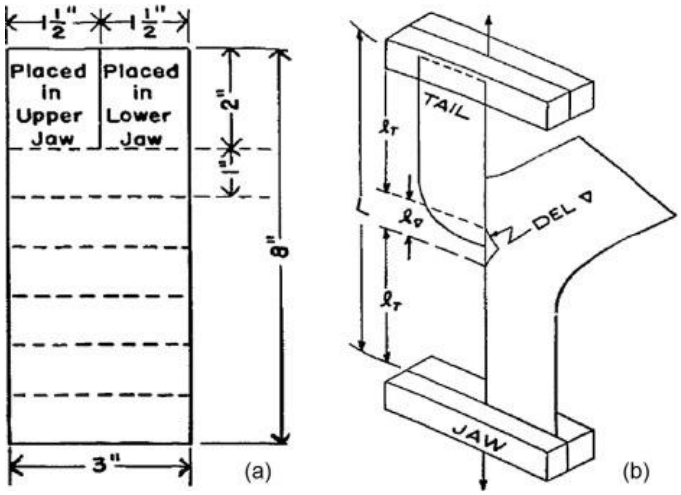


Figura 15. a) Espécimen de lágrima de tela. b) Muestra de lágrimas en las mandíbulas del probador de tracción.
Fuente: Eman Eltahan. 2018.

Se realizan pruebas a telas con tejidos que varían en la trama siendo menos y más espesa.

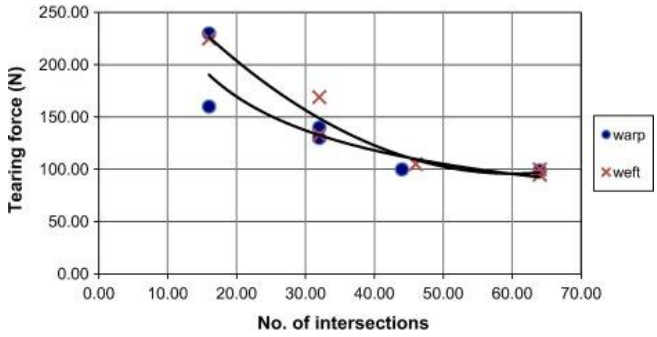


Figura 16. La fuerza de rasgado de las telas en ambas direcciones de urdimbre y trama frente al número de intersecciones por unidad se repite.
Fuente: Eman Eltahan. 2018.

En la figura 16 se observa el efecto de diseño de la tela tejida sobre la resistencia al desgarro con una dirección de y trama más espesa.

Dado que se pretende proponer un prototipo que cumpla condiciones de estabilidad estructural, pero a la vez que sea liviano y de fácil ensamble, surge la necesidad de establecer parámetros para determinar materiales que resistan esfuerzos de tracción principalmente, esto

para la propuesta de cubierta y envolvente del módulo. Así, se toma este referente para la aplicación de pruebas de tracción y desgarro.

Referentes para envolvente

Panel en papel reciclado

Se toma como punto de partida las propuestas relacionadas con materiales reciclados y reutilizados, por tanto se hace referencia al trabajo de investigación Uso de lodos provenientes de la industria papelera en la elaboración de paneles prefabricados para la construcción, este se trata de la elaboración de paneles prefabricados para ser utilizados como muros no estructurales, aprovechando lodos que se producen como residuo en la industria del papel. Para el proceso de definen mezclas, así como materiales y el proceso para elaborar los paneles, teniendo en cuenta los estándares de resistencia y las normas que rigen estos productos.

Se toma una muestra de lodo deshidratado al 45% de saturación, ver figura No. 5, se homogenizó el tamaño mediante licuado, como aglomerante se utilizó yeso tamizado con malla No. 40. El recubrimiento de las caras internas del panel se hizo con cartón de 4 mm de espesor.

Figura 17. Lodos deshidratados.
Fuente: Revista EIA. 2007.

El tamaño seleccionado para los paneles fue el estándar manejado en láminas de superboard de 13 x 610 x 610 mm.

Para la elaboración de los paneles de estudio se producen encontrados en acrílico, ver figura No. 2, se procede a realizar distintas mezclas teniendo en cuenta el peso del yeso y el residuo del papel con dosificaciones del 10%, 15% y 20%. Luego se cubre la base del encofrado con papel húmedo y se reparte la mezcla de forma uniforme con un rodillo para compactar, obteniendo así 13 mm de espesor. Por último se pone el cartón húmedo encima, se debe aplicar resina acrílica mezclada con alcohol polivinílico para que la mezcla se adhiera.

Figura 18. Placa seca al aire.
Fuente: Revista EIA. 2007.

Finalizado el desarrollo de los paneles y los ensayos aplicados bajo normas ASTM, se pudo concluir que la mezcla que mejor comportamiento arrojó en relación con las especificaciones de la ASTM fue la dosificación del 20% en yeso y 80% de lodo residual, por tanto se recomiendan para ser usados como muros divisorios o elementos no estructurales.

Adicionalmente los paneles desarrollados son un 24% más livianos que los paneles de yeso y 64.7% más livianos que los paneles de fibrocemento. Esto se traduce en practicidad en el transporte y al ensamblado, inclusive en la carga que representa para la estructura portante (Quinchía, 2007).

Panel en fibra de vidrio

También se tiene el proyecto de investigación Propuesta de un tipo de vivienda industrializada para emergencias. Para este proyecto, el objetivo es crear una solución inmediata de vivienda temporal utilizable en cualquier zona geográfica, supliendo las necesidades de habitación a sectores de población afectada por desastres naturales o antrópicos a través de un modelo determinado el cual sea de rápida construcción o ensamblaje, adaptabilidad climática y

fácil conexión a los servicios de energía, de abastecimiento de agua y evacuación de aguas servidas en terrenos previamente adecuados con obras de infraestructura mínima. En este caso se propone para la solución de los muros paneles conformados por láminas de plástico reforzadas con fibra de vidrio adicionados con resina de poliéster ortofáltica tipo PQ1002 y GEL COAT con acabado antideslizante. Estos elementos tienen como características técnicas su ligero peso y fácil ensamblaje (Pérez, 2004).

Figura 19. Sección de panel en fibra de vidrio para muros.
Fuente: Claudia Pérez. 2004.

Panel con tubos de cartón

Adicionalmente se propuso la tesis: Prototipo de vivienda emergente con material alternativo. En este caso la propuesta es proponer un prototipo modular para suplir la necesidad de vivienda emergente, mediante la utilización de material reciclado, tubos de cartón, material de embalaje utilizado en la industria textil y litográfica, como respuesta ante una eventualidad de desastre natural, como es el caso de un temblor de magnitud 7.0 en la escala de Richter, en la ciudad de Bogotá (Medina, 2013). El elemento a desarrollar aquí es un panel compuesto por tubos de cartón de 1 m de largo por 5 0.05 m de diámetro y un espesor de 4 mm, estos se unen

por medio de una varilla roscada de 5/8” zincada de 0.72 cm con dos arandelas galvanizadas en caliente por unidad 5/8” y dos tuercas hexagonales ASTM a-194 grado 2h galvanizada en caliente 5/8”. Los paneles se insertan en medio de columnas tipo 1 y 2. Estos elementos se caracterizan por tener prestaciones para funcionar como elementos verticales aptos para soportar cargas verticales, esfuerzos de compresión y tracción.

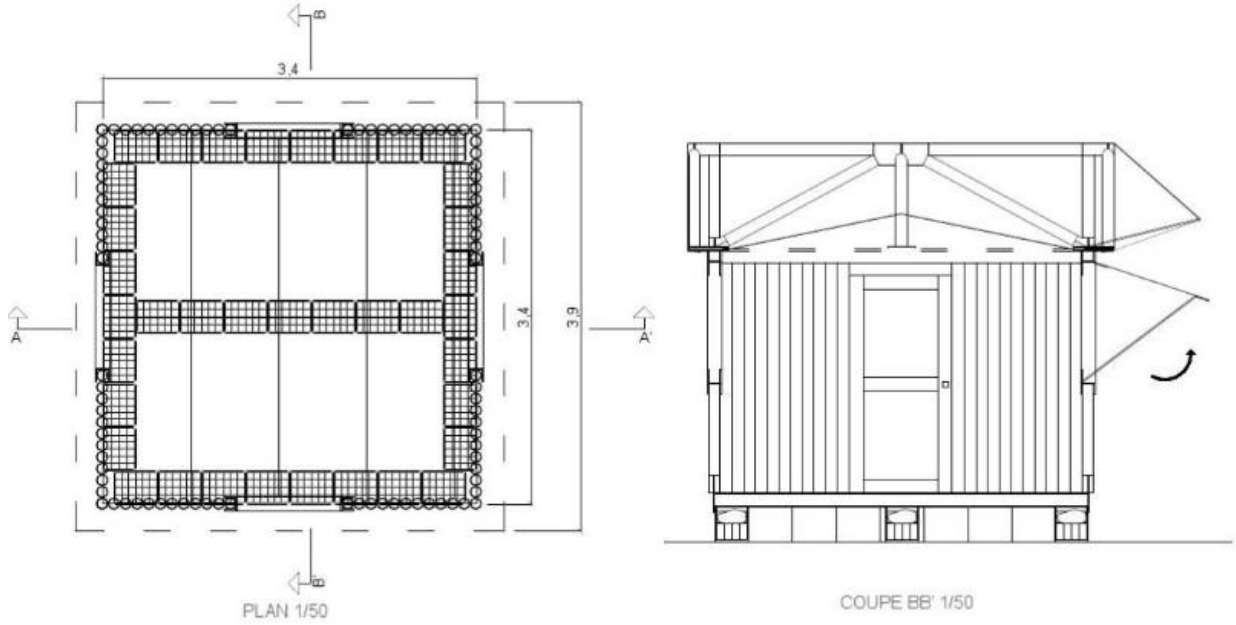


Figura 20. Planta y Sección de la Vivienda Temporal de Papel de Shigeru Ban.
Fuente: Revista EIA. 2007.

Como ventaja del material es que puede ser reutilizado o reciclado al finalizar el ciclo de vida de la construcción.

Madera sintética Ecoplack

Por otra parte, se encuentra la investigación Proyecto de hábitat temporal de emergencia con materiales reciclables industrializados. La finalidad de esta propuesta es responder a la necesidad de crear un hábitat emergente de fácil y rápida producción masiva, de bajos costos en cada uno de sus materiales debido a que se deben mejorar las condiciones actuales de asistencia y confort habitacional que se usan hoy en día para los casos de emergencia (Soler, 2011). Para la solución del sistema de envolventes, el autor propone la utilización de un material reciclado generado a partir de madera y plástico, se resalta las ventajas estéticas calidez de la madera y un mejoramiento de sus propiedades en términos de alta durabilidad sin mantenimiento que brinda el plástico.

Otras características del material son la resistencia a la humedad y agentes químicos, resistencia a la expansión bajo variables de condiciones climáticas, resistencia a la rotura, capacidad de perforación, propiedades termoacústicas, puede ser aserrado, modelado, pegado y atornillado. La propuesta de panel es una lámina de 200 x 20 cm y con un espesor de 9 mm. La densidad para cada lámina de este material es de 1.291 gr/cm3.

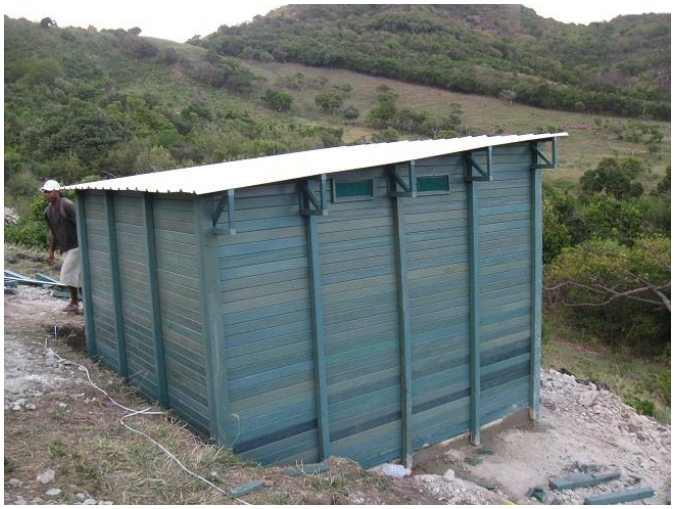


Figura 21. Refugio temporal con paneles de madera sintética.

Fuente: Maderplast. 2016.

Hdf

Existe una propuesta denominada Sistema constructivo desmontable de acero una opción para alojamientos de emergencia, se propone el Sistema Constructivo para Vivienda de Emergencia de Marco de Acero, el cual se destina a la construcción de alojamientos de emergencia con las premisas fundamentales, que sea de fácil y rápido montaje y desmontaje. (Marrero, 2011). La solución constructiva para el desarrollo de la envolvente de los módulos en acero aquí propuestos se sustenta en la utilización de paneles en un material aglomerado denominado HDF, es un tablero compuesto por fibras de madera de alta densidad, que son prensadas a altas temperaturas. Para este proyecto se implementaron paneles del ya mencionado material, con reforzamientos en las esquinas por medio de marcos de madera de sección pequeña, los paneles son de 100 x 210 cm y 1,2 cm de espesor. El panel está armado en tipo sándwich con

dos caras unidas por cuñas de madera que serán apoyadas posteriormente sobre la estructura metálica.

Como desventaja del sistema de panel en HDF es su corta vida útil, debido a que por su composición física el material es vulnerable a tener un prematuro desgaste y deba ser reemplazado; sin embargo por tratarse de un material aglomerado tiene como opción la posibilidad de ser reciclado y procesado para convertirse en un nuevo material.

Figura 22. Detalle cerramiento pared.
Fuente: Ana Marrero. 2011.

Referentes para cubierta

Dentro de los referentes analizados se encuentra un factor común entre todas las propuestas para solucionar los elementos de cubierta, son las tejas de zinc o tejas metálicas y láminas de madera contrachapada, se proponen como una medida de respuesta inmediata ante la premura que se tiene a la hora de ensamblar este tipo de estructuras; sin embargo hay otras alternativas en las cuales se contemplan el reciclaje y la reutilización de materiales como el plástico.

Plástico recuperado

Como consecuencia a condiciones de desplazamiento forzoso en la ciudad de Pereira, se ha visto la necesidad de generar propuestas que puedan ser adoptadas para su aplicación en albergues temporales, es así como surge el proyecto Diseño de un sistema modular para la construcción de albergues temporales para familias en situación de desplazamiento en Pereira. El objetivo principal de la investigación sugiere proponer un sistema modular, que permita construir un sistema de albergue temporal para comunidades en situación de desplazamiento de la ciudad de Pereira. La propuesta que se genera entorno al diseño de cubierta específica paneles en policarbonato alveolar de medidas 5.90 x 2.10 m, las cuales fueron diseñadas concretamente para ser aplicadas en este proyecto, aunque son susceptibles a modificaciones para ser moduladas con medidas distintas.

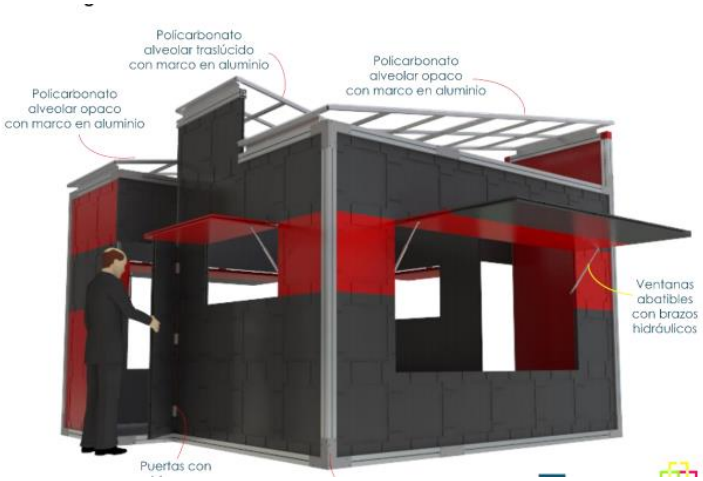


Figura 23. Habitáculo de muestra 1.
Fuente: Christian F. Granados. 2015.

"El plástico recuperado es formado a partir de la mezcla de agentes de acople, polietileno de baja y de alta densidad, policarbonato, polipropileno y algunos poliestirenos. Puede ser extruido, inyectado o moldeado y además es factible de mecanización." (Benítez, 2015)

Membrana tejido en poliéster

El norte del departamento del Cauca es vulnerable al desplazamiento forzoso, por tal motivo las comunidades de esta zona se ven en la necesidad de trasladarse a distintas zonas de la región. En este sentido se desarrolla la propuesta Diseño de un sistema integral de vivienda de emergencia sostenible en los municipios de la zona norte del departamento del Cauca. Aquí el objetivo es diseñar un proyecto de sistema integral de vivienda de emergencia sostenible que permita solucionar la necesidad de habitabilidad temporal a poblaciones vulnerables donde se presentan estados de emergencia por desplazamiento a causa de desastres naturales o conflicto armado en la zona norte del departamento del Cauca (Cerón, 2017).

De esta propuesta se destaca el desarrollo de un módulo establecido que tiene la capacidad de mutar y de adaptarse según las necesidades de duración de la situación de emergencia. Para este caso la propuesta de cubierta consiste en una membrana tejida en poliéster recubierta con pvc, la cual tiene como característica principal su fácil adaptabilidad a diferentes volumetrías y estructuras por la flexibilidad del material. Adicionalmente en el mercado existen materiales que se asemejan tales como baners, carpas de vehículos de carga pesada, carpas de estructuras para eventos, entre otras que pueden ser adaptadas y reutilizadas para situaciones en donde se requiera de un refugio provisional.

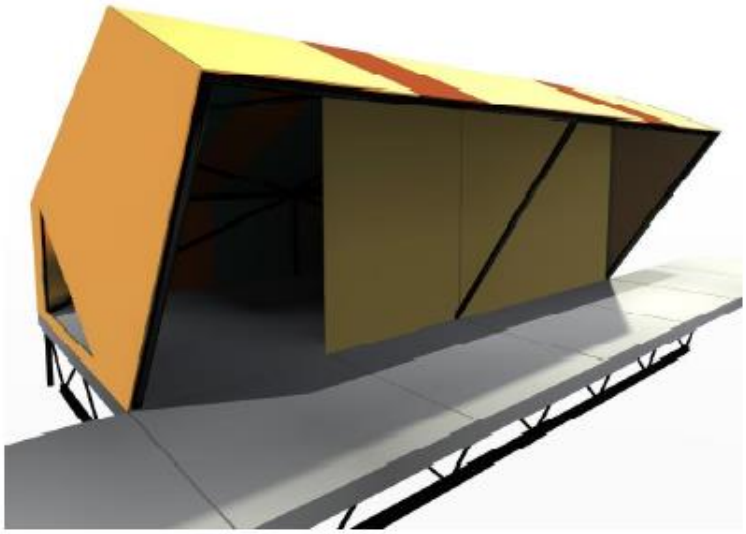


Figura 24. Módulo primario vivienda de emergencia.
Fuente: Sergio Cerón. 2017.

Al analizar el contenido de las diferentes investigaciones se puede concluir que todas nacen de la necesidad inminente de proponer soluciones técnicas referentes a elementos que puedan ser utilizados como albergues temporales en situaciones de emergencia bien sea por causas naturales o antrópicas, esto debido a que la solución aportada por las entidades del gobierno encargadas de atender situaciones de este tipo no cumplen con condiciones de habitabilidad, resistencia estructural, adaptabilidad, entre otras condiciones mínimas que requiere un elemento para brindar resguardo.

Por consiguiente se establece un cuadro comparativo entre los diferentes materiales para poder determinar cuál se adapta mejor a las necesidades de estabilidad estructural, impermeabilidad y confort térmico.

Tabla 1. Comparativo de materiales. Autoría propia. 2018.

MATERIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	PESO
TUBOS DE CARTÓN 1.00 h X 0.05 Ø X 4 MM espesor	200 kgf/cm2	+/- 8,1 N/mm2	0,25 a 1,5 kg
PANEL PAPEL RECICLADO 610 X 610 X 13 MM	109.72 kgf/cm2	88,63 N	2,61 kg
PANEL DE HDF 2,10 X 1,00 X 0,032 M	N/A	13,9 N	59,13 kg
LONA POLIESTER	N/A	500 N	200 g/m2

Realizada la comparación se puede establecer que el material más adecuado para las condiciones a las que va estar expuesto el prototipo, es la lona poliéster debido a que posee una resistencia a la tracción que supera ampliamente a los otros materiales. Adicionalmente su peso es bastante ligero en comparación con los otros materiales propuestos.

Referente para la estructura

Dada la necesidad de proponer un sistema de elementos portantes que sean capaces de soportar las cargas propias del elemento, como también las producidas por acción del viento y las que genera el mismo usuario. Para este apartado se buscaron referentes en relación a estructuras dinámicas, atendiendo a la necesidad de aportar una propuesta que sea fácil de transportar, su volumen de embalaje sea menor a 0.0500 m3 y tenga un peso inferior a 5 kg.

Sigma

La propuesta en este trabajo nace de la necesidad de dar respuesta a posibles situaciones de emergencia o catástrofes que puedan surgir por distintos factores, en este caso puntual el

propósito es diseñar una estructura que se pueda plegar y desplegar, facilitando el transporte de la misma y que sea enfocada a la atención de emergencias, con base en el estudio de estructuras dinámicas. (Díaz, 2013).

El módulo base de la propuesta se compone por un sistema de cuatro tijeras planas, que están articuladas con uniones móviles, que permiten plegar y desplegar el módulo como se muestra en la figura No. 25.

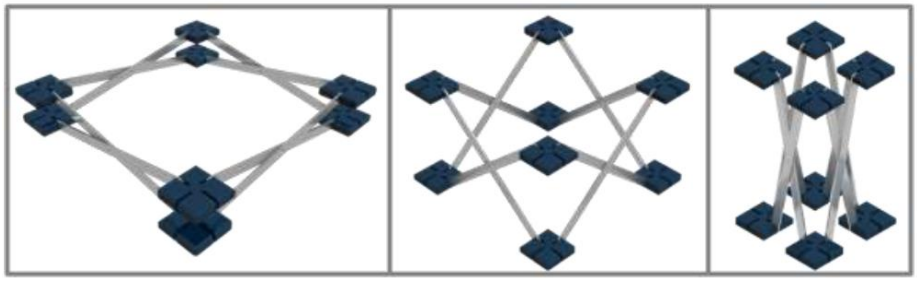


Figura 25. Módulo base estructura Sigma.
Fuente: Johana Díaz. 2013

La estructura está en la capacidad de comprimirse de tal modo que llega a ocupar un volumen 90% menor al que ocupa en estado desplegado.

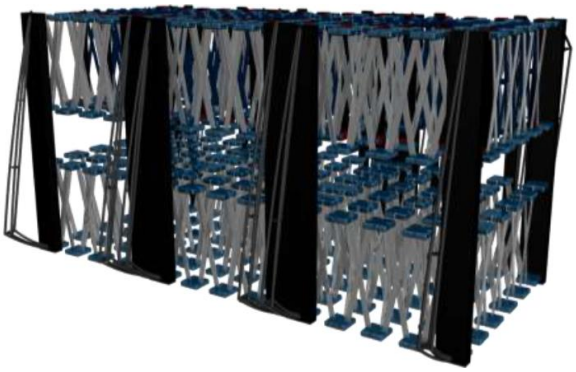


Figura 26. Estructura plegada.
Fuente: Johana Díaz. 2013

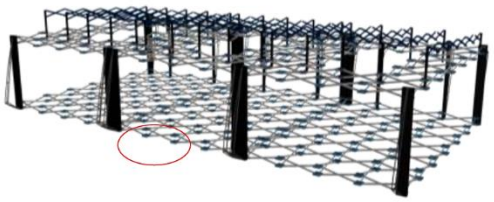


Figura 27. Estructura desplegada.
Fuente: Johana Díaz. 2013

Como se evidencia en las anteriores figuras, la estructura propuesta por Díaz tiene la característica de ser dinámica, es decir, posee la capacidad de tomar varias formas según sea la necesidad de uso, bien sea para ser transportada o para ser desplegada en el sitio donde se presente la emergencia. Por lo cual se toma como punto de partida el sistema de tijeras que conforman el módulo base, para ser aplicados en el Prototipo de albergue temporal con el fin de generar una estructura que sea capaz de suplir la necesidad de resguardo temporalmente, que sea de fácil transporte y ensamblado.

Marco Conceptual

Para el desarrollo conceptual del proyecto se proponen una serie de conceptos que dan sustento teórico al mismo, en cuanto aportan conocimientos que han sido tratados previamente por distintos autores. Por consiguiente se proponen los siguientes conceptos:

Albergue temporal

Dentro del manual nacional de albergues nacionales, la cruz Roja define el albergue temporal como "el lugar donde se proporciona temporalmente techo, alimentación, vestido y salud a personas vulnerables, antes, durante o después de la ocurrencia de un fenómeno destructivo o después de la ocurrencia de este (Cruz Roja Colombiana, 2008, pág. 17)". Adicional a esto es importante mencionar las condiciones mínimas en cuanto a dimensiones se refiere, se estipula un área de 3.5 m2 de espacio cubierto por persona. Por consiguiente el desarrollo del presente proyecto toma como foco principal la propuesta de un prototipo que mejore la solución actual para respuesta ante emergencias, de tal modo que se brinden condiciones óptimas para el resguardo de personas.

Estabilidad estructural

Para definir este concepto se toma como base una propuesta de mejora desarrollada sobre arquitectura textil, más precisamente al Pabellón Alemán, diseñado por los arquitectos Frei Otto y Rolf Gutbrod. El proyecto es elaborado por Alba López, Diego Paniagua y Luis Ruiz. Dentro del estudio se destacan varios conceptos, dentro de estos estabilidad estructural, la cual es definida como el estado constante a tracción en todos los puntos y direcciones de un elemento para este caso un textil. Esto se logra de dos formas, la primera habla de aplicar un esfuerzo uniforme y perpendicular al elemento en todos los puntos, por consiguiente como está sujeto en sus extremos, se convierte en un esfuerzo tangencial del elemento produciendo la tensión solicitada. Como segunda opción, se dice que la tensión necesaria se produce al tensar el elemento en cada uno de sus extremos en sentidos y direcciones opuestas. (López, 2015)

En consecuencia este concepto se relaciona con el prototipo en la medida en que los elementos que solucionen tanto la cubierta como la envolvente, tengan como característica estructural el estar sometidos constantemente a tracción, de tal modo que sea viable la utilización de algún tipo de textil para dar respuestas ante fuerzas verticales producidas por la acción de vientos, objetos o personas.

Tracción

La tracción comprendida como esfuerzo interno que se presenta en un determinado elemento, en donde intervienen dos fuerzas que actúan en sentidos opuestos. Se toma como referente nuevamente el proyecto de mejora al Pabellón Alemán. Allí los autores aplican el concepto para generar geometrías flexibles, apoyadas en curvaturas anticlásticas, dando como

resultado elementos con poca masa, pero los cuales son incapaces de aceptar esfuerzos de compresión. En conclusión elementos sometidos constantemente a tracción que sugieren simplicidad en su conjunto. (López, 2015)

Dadas las condiciones en las que se busca proponer el prototipo, escenarios en donde prime la rapidez de ensamble, la liviandad de los elementos que conformen el conjunto se busca proponer un elemento de cubierta y envolvente que tengan como principio conceptual el esfuerzo a tracción, tomando como base los módulos desarrollados con telas sobrepuestas o soportadas por varas o elementos similares que dan soporte, y que a través de la historia han sido más eficientes a la hora de suplir las necesidades de refugio en condiciones de albergue temporal.

Confort térmico

Una de las condiciones indispensables cuando se brinda resguardo bajo algún modelo estructural, está referido a las condiciones de temperatura y humedad relativa al interior de un cierto espacio. En este punto se toma como punto de partida la norma internacional ISO 7730, la cual define La Ergonomía del entorno térmico - determinación analítica e interpretación del confort térmico utilizando el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de comodidad térmica local. El confort térmico está determinado por dos variables, la primera hace alusión al ambiente interior que comprende el ambiente térmico y la calidad del aire, que a su vez, están directamente relacionadas con la calidad del ambiente interior, medido como el grado en el que las exigencias humanas sean satisfechas en términos de confort térmico. (International Organization for Standardization, 2005)

La forma en que este concepto será aplicado al proyecto es mediante la puesta en prueba del módulo dispuesto por la Cruz Roja y los prototipos propuestos con distintos materiales tanto en cubierta como en la envolvente. De tal modo que se pueda establecer cuáles son las condiciones ideales para este tipo de elementos en su interior, determinados así por el tipo de materiales y como estos se adaptan a la necesidad y exigencias de los posibles afectados ante una emergencia.

Industrialización

Dependiendo de la magnitud de una emergencia hipotética en la ciudad de Bogotá la necesidad de módulos para suplir la necesidad de alojamientos temporales demandaría un número elevado de unidades, por tal motivo el concepto de industrialización definida como la evolución de la producción en donde las máquinas y equipos integrados a fábricas, áreas de almacenamiento, instalaciones de producción de fuerza motriz (Chemillier, 1980). En efecto la industrialización juega un papel fundamental en la concepción de la propuesta, en el sentido en que todos los elementos deben estar pensados para que puedan ser producidos en masa en un período de tiempo corto, embalados y a su vez transportados de forma eficiente al lugar donde se requieran.

Autoconstrucción

La facilidad de ensamble y armado de la estructura y sus componentes es de vital importancia en términos de agilidad y simpleza, pues los afectados probablemente no contarán con herramientas o equipos para erigir una construcción temporal. Por consiguiente se relaciona el término autoconstrucción, el cual se define como proceso heterogéneo y dinámico realizado en

conjunto o de forma individual en donde el fin en común es realizar actividades para conformar espacios definidos como vivienda (Wiesenfeld, 2001). En este sentido, la autoconstrucción se desarrollará al momento de la implementación de los albergues temporales puesto que al ser una necesidad colectiva en donde el objetivo primordial es el resguardo y la protección en espacios ajenos a la vivienda propia.

Metodología

El presente trabajo fundamenta su desarrollo en cuatro etapas diferenciadas que se relacionan entre sí y darán cuenta al final de un prototipo producto del análisis y la aplicación de conceptos entorno a la situación problema aquí planteada. En la primera etapa, se analizará la propuesta de albergue temporal determinada por la Cruz Roja para situaciones de emergencia habitacional, con el fin de identificar criterios y oportunidades de mejora. En una segunda etapa el trabajo se centra en el análisis de diferentes prototipos proyectados en trabajos investigativos, de tal modo que se pueda establecer puntos de comparación en aspectos como tipos de materiales utilizados tanto en la cubierta como en la envolvente. La tercera etapa se desarrolla entorno a la aplicación de pruebas sobre materiales y condiciones térmicas en los prototipos. Finalmente como producto de las etapas anteriores se llegará a la propuesta de prototipo.

En consecuencia esta investigación sustenta la metodología en un proceso de análisis y comparación con un enfoque propositivo.

Análisis y desarrollo

Después de analizar tanto el módulo propuesto por la cruz roja para solucionar situaciones de emergencia habitacional, como los prototipos propuestos en los proyectos investigativos aquí

referenciados, se procede a aplicar diferentes pruebas que permitirán establecer criterios para determinar los materiales y la estructura adecuados para la propuesta de prototipo.

Pruebas de rendimiento térmico

Con la finalidad de determinar el material que mejores prestaciones brinde en relación al confort térmico se realiza una prueba de campo que consiste en medir la temperatura en el interior de los módulos, así como en el exterior de los mismos. También se busca medir la humedad relativa presente interna como externa. Para el desarrollo de la prueba se disponen dos módulos a escala recubiertos con dos tipos de lona plástica distinta. El módulo 1 está recubierto con la lona referencia Huracán con un peso de 335 +/- 15 gr/m2 y el módulo 2 está recubierto con la lona estandarizada por la Cruz Roja tiene un peso de 200 gr/m2.

La prueba se desarrolló en la ciudad de Bogotá a partir de las 19:00 pm hasta las 04:00 am arrojando los siguientes resultados.

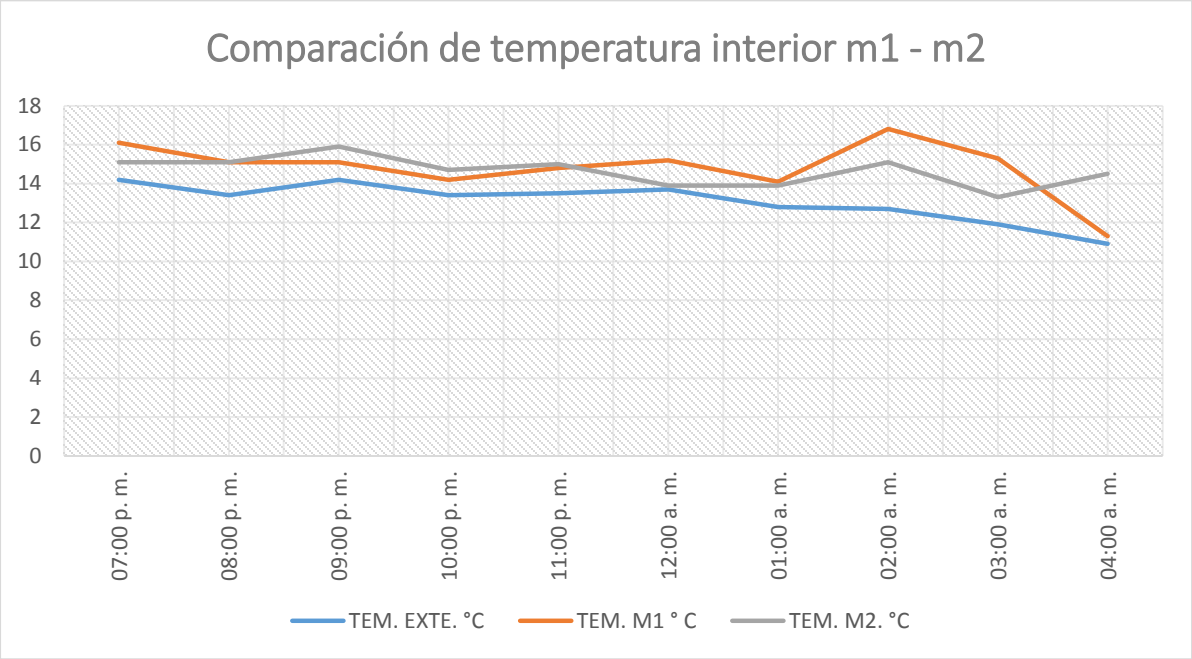


Figura 28. Gráfica comparación temperatura interna y externa M1 - M2.
Fuente: Autoría propia. 2018

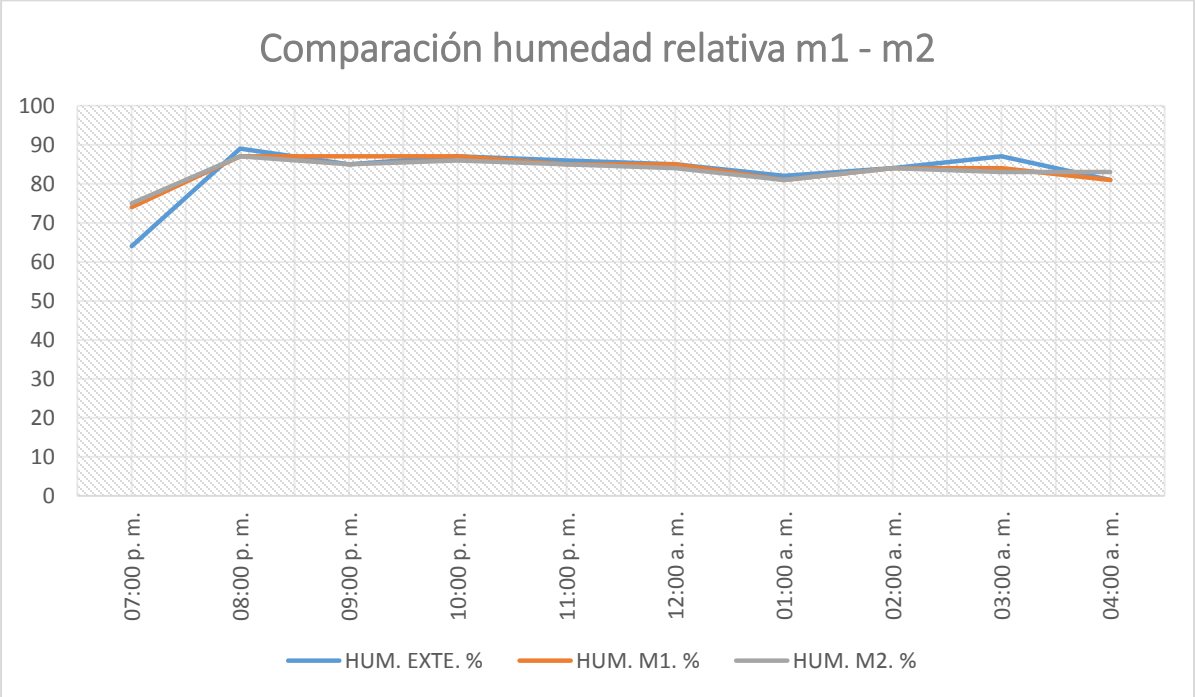


Figura 29. Gráfica comparación humedad relativa interna y externa M1 - M2.
Fuente: Autoría propia. 2018.

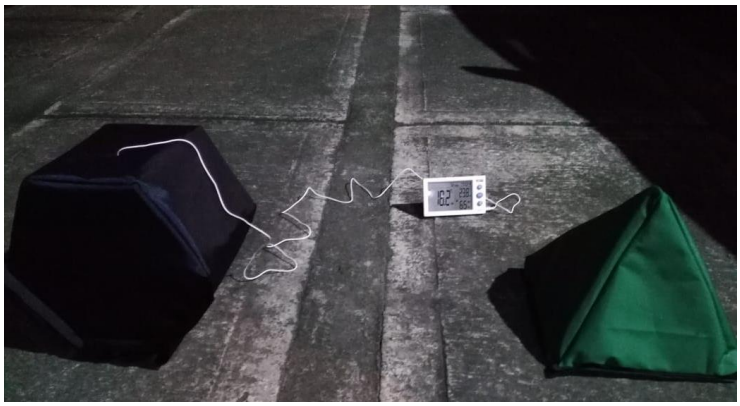


Figura 30. Medición comportamiento térmico M1 – M2.
Fuente: Autoría propia. 2018.

Se evidencia que el comportamiento térmico del módulo 1 fue superior en 2 °C en promedio con respecto al del módulo 2 durante las 19:00 hasta las 03:00 am, en este punto la diferencia se hace menor de tal modo que la temperatura en ambos módulos desciende rápidamente y se equipara el rendimiento para los dos materiales. En cuanto a la humedad relativa se evidencia un comportamiento similar para el módulo como para el módulo 2.

Prueba de desgarro

Para medir la resistencia del material ante esfuerzos de ruptura aplicados sobre el mismo, en donde se busca evidenciar en qué medida el material continúa con el rasgado una vez se inicia este efecto. Para el desarrollo de la prueba se tomó como punto de partida la metodología utilizada en la Guía sobre las especificaciones y uso de la lona de plástico en la ayuda humanitaria, en el capítulo de pruebas de calidad, en donde se establece la prueba de desagrro de tipo I. El procedimiento consiste en recortar 4 probetas de 6 x 20 cm tanto en el sentido longitudinal como en el transversal del material, iniciando el desagarro hasta 8 cm en paralelo al corte más largo. Las probetas deben ser sujetadas por una prensa de tipo C en los extremos en

donde se inició el desgarro, la primera prensa se debe asegurar en un elemento firme y finalmente a la prensa que está descolgada en la parte inferior se le deben agregar 10 kilogramos, de tal modo que el material sea capaz de resistir esta carga puntual sin continuar el efecto de rotura inducido.

Para realizar la prueba se tomaron dos probetas de lona poliéster suministradas por la empresa Lafayette con las siguientes especificaciones: probeta A (estándar Cruz Roja) base 23016 peso 300 g/m2 y probeta B (material con la mayor densidad en el stock ofrecido) base 2129 peso 335 +/- 15 gr/m2. La prueba se inicia con la probeta A como se evidencia en la figura

Figura 31. Probeta A sometida a prueba de rasgado tipo I.
Fuente: Autoría propia. 2018

Después de realizada la prueba se evidencia que la probeta A resiste una carga de apenas 2.8 kg, donde instantáneamente el material falla en el desgarro inducido hasta dividir el material en dos piezas.

Se procede a testear la probeta B y así determinar cuál de los dos materiales opone mayor resistencia al esfuerzo de rasgado.

Figura 32. Probeta B sometida a prueba de rasgado tipo I.
Fuente: Autoría propia. 2018

Para la segunda prueba la lona con mayor peso, soportó una carga de 14.18 kg, superando así por 12 kg la capacidad de resistencia ante el rasgado con respecto a la probeta A.

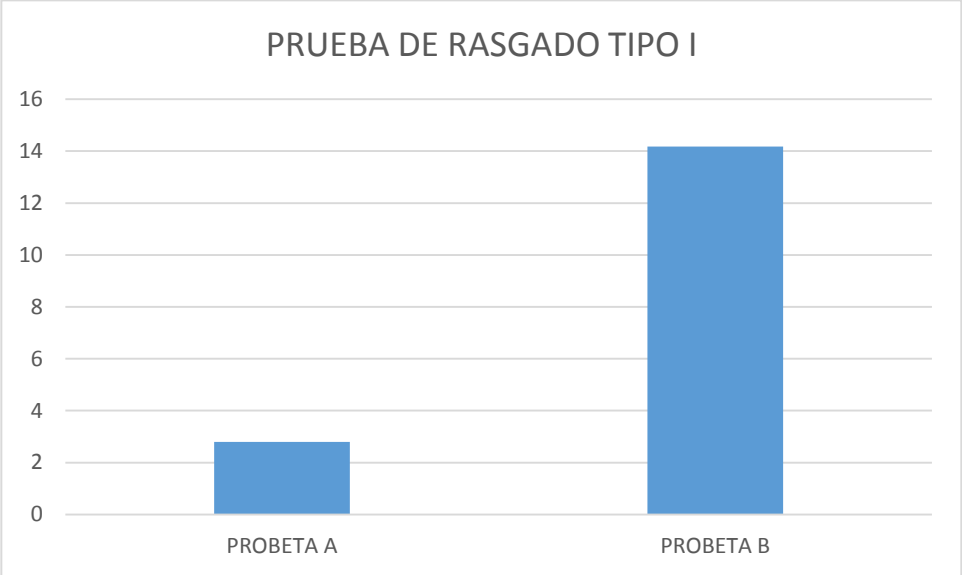


Figura 33. Comparativo comportamiento entre probeta A y B.
Fuente: Autoría propia. 2018

De la anterior gráfica se puede afirmar que el comportamiento ante la prueba de rasgado con un peso mínimo admisible de 10 kg, la probeta B fue superior en un 506% con relación a la probeta que contenía el material estándar utilizado por la Cruz Roja.

Estructura

Para el desarrollo de la estructura portante del módulo se realizó un comparativo entre materiales empleados en elementos utilizados como albergues temporales, teniendo en cuenta que el material pueda ser maquinado y ensamblado, adicional que fuera liviano, que tuviese un costo bajo, prestaciones mecánicas aceptables, entre otras . Para ello se tomaron los materiales que se detallan en la siguiente figura.

Tabla 2. Comparativo materiales para la estructura portante del módulo. Autoría propia. 2018

Material	PRECIO ML	PESO kg / m3	DENSIDAD	DIMENCIONES ML	PERMEABILIDAD	Conductividad térmica Cal c/c2 seg°C a 20°C	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPA
MDF	8.000	1680	7,5	2,44	0	0.095	0,75
ALUMINIO	3.300	2580	2,7	6	10	0.52	110
PVC	10000	1360	1,4	3	10	0.25	44,1
ACERO	10.000	7850	7,2	3	5	0.11	550

De la tabla anterior se obtiene que el material que mejores características presenta es el aluminio, siendo 67 % más económico en relación al acero y al pvc, 68% más liviano en comparación al acero aunque más pesado que el mdf y el pvc. Finalmente el segundo más resistente ante esfuerzos de tracción siendo mayor este valor 2.49 veces en relación al pvc y 146 en comparación al mdf, pero menor 5 veces al coeficiente de resistencia a la tracción del acero. Por consiguiente se procede a seleccionar el aluminio como el material con mejor relación costo beneficio para proponer la estructura del módulo.

Articulaciones

Debido al concepto de estructuras dinámicas, se pretende que la estructura este compuesta por elementos que a su vez a partir de un sistema de articulaciones se pueda plegar y desplegar con movimientos en dirección hacia arriba, hacia abajo y hacia al frente, de esta forma el módulo se pone en pie sin la necesidad de ensamblar elementos independientes, por el contrario el sistema está pensado para que sea un solo elemento que por medio de articulaciones adquiera dos estados, el primero para el embalaje y el segundo para ser utilizado en situación de emergencia pública.

Figura 34. Estructura esquema en estado plegado.

Fuente: Autoría propia. 2018

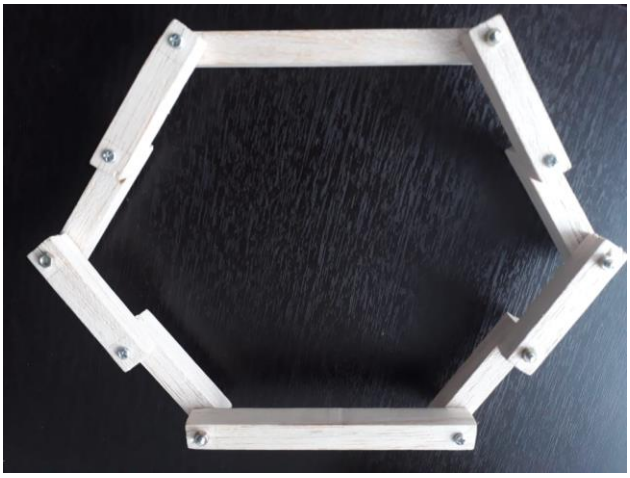


Figura 35. Estructura esquema en estado desplegado.

Fuente: Autoría propia. 2018

Con este concepto se aporta una estructura que puede ser transportada fácilmente, debido a su volumen reducido de 0.0307 m3 en estado plegado. El sistema de articulaciones está compuesto por uniones de tipo bisagra, las cuales están instaladas en los extremos de los basculantes, de esta forma el módulo por medio de movimientos en los ejes X, Y y Z puede tomar las formas en estado plegado y desplegado. La bisagra (ver figura No. 36) se desarrolló con base en las bisagras tipo tubo, en las cuales se inserta un basculante en la campana de la bisagra y en el otro extremo se une a otro elemento de transición.

Figura 36. Bisagra tipo tubo.
Fuente: Autoría propia. 2018

Para desarrollar la bisgra se conforma con una varilla maciza de 7/8 de pulgada, la cual se perforó en relación a su eje longitudinal dejando un diámetro interno de 3/4 de pulgada y una longitud total de 2.3 cm. Posteriormente se suelda una platina de 4 x 2.22 x 0.64 cm perforada a 0.3 cm del extremo que no está soldado con broca de Ø 1/4 de pulgada. Luego se mecaniza la platina de transición entre bisagras que tiene medidas 3.8 x 2.22 x 0.64 cm, la cual tiene dos perforaciones centradas en los extremos a 0.3 cm del borde con broca de Ø 1/4 de pulgada. Estos dos elementos se unen por medio de tornillos con cabeza hexagonal de Ø 1/4 x 1 pulgada de largo, y estos se sujetan con tuerca tipo mariposa de Ø 1/4 . Este elemento junto con las platinas de transición (ver figura No. 37) cumplen la función de articular los basculantes y permitir movimientos en los tres ejes.

Figura 37. Platina de transición entre basculantes.
Fuente: Autoría propia. 2018

Figura 38. Platina de transición entre basculantes.
Fuente: Autoría propia. 2018

Para la unión entre basculantes y travesaños se utilizan las bisagras y las platinas descritas anteriormente, a las bisagras se les insertan los basculantes que son tubos en aluminio de Ø 3/4 de pulgada, estos son soldados a la campana de la bisagra, así, de este modo sucesivamente se unen los 10 basculantes y los 12 travesaños que conforman la estructura. Adicionalmente se fija a los basculantes una soporte tipo G en aluminio segmentada en dos partes que se articulan entre sí, con el objeto de fijar el movimiento de los basculantes hasta 60°, impidiendo que sobrepasen este ángulo y las dimensiones de la estructura se alteren. Una de las partes de la soporte tipo G en aluminio es un perfil con pestaña acanalada, para permitir el movimiento circular de la otra parte de la soporte tipo G, la cual gira hasta 180° permitiendo así que los basculantes se plieguen y desplieguen.

Figura 39. Soporte tipo G en aluminio que asegura el ángulo de los basculantes.
Fuente: Autoría propia. 2018

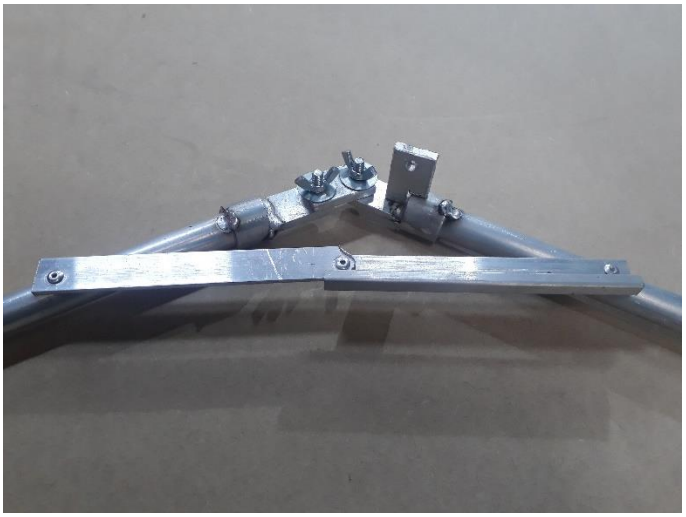


Figura 40. Unión entre basculantes con bisagras tipo tubo.
Fuente: Autoría propia. 2018

En la figura No. 39 se aprecia como los elementos mencionados anteriormente conforman las uniones articuladas y estas a su vez permiten que toda la estructura pueda plegar y desplegar los basculantes y travesaños para establecer el módulo.

Industrialización y modulación

Debido a la necesidad de producir una cantidad considerable de módulos para atender una determinada emergencia, se hace necesario establecer medidas estándar que responden al dimensionamiento ligado a la capacidad de transporte y cómo este es eficiente en relación al total

de módulos que cabrían en un camión militar de 10 toneladas. Para este apartado se realiza el despiece de toda la estructura identificando el material, las dimensiones y el tipo de elemento.

Tabla 3. Despiece de estructura. Autoría propia. 2018

Tipo de elemento	**Dimensiones**	**Material**	**Cantidad**
Varilla perforada en 3/4" Ø	23 mm L x 7/8 " Ø	Aluminio	52
Tubo de 3/4" Ø basculante	3/4" Ø x 1200 mm	Aluminio	20
Tubo de 3/4" Ø riostra	3/4" Ø x 450 mm	Aluminio	12
Platina tipo A doble perforación en 1/4" Ø	38 x 22.2 x 6.4 mm	Aluminio	26
Platina tipo B perforación en 1/4" Ø	38 x 22.2 x 6.4 mm (muela de 10 x 10 mm)	Aluminio	12
Platina bisagra perforación en 1/4" Ø	40 x 22.2 x 6.4 mm	Aluminio	52
Soporte tipo G acanalada 7/8 x 5/16"	105 x 22.2 x 7.9 mm	Aluminio	20
Soporte tipo G lisa 3/4 x 1/8"	105 x 19.1 x 3.18 mm	Aluminio	20
Tornillo hexagonal 1/4 x 1"	6.4 Ø x 2.54 mm	Acero	52
Tuerca mariposa 1/4"	6.4 Ø mm	Acero	52

Remache 5/16"	7.9 Ø mm	Acero	60
Cubierta	7.2 x 1.5 m	Lona Poliéster	7.2 ml
Laterales	4.8 x 1.5 m	Lona Poliéster	4.8 ml
Cremallera		Metal	10
Velcro		Tela con variación en urdimbre	10
Cordón vientos		Cuerda	6
Slider		Metal	4

Con el fin de optimizar recursos y espacio, se propone modular el prototipo de tal forma que conforme un módulo con medidas de 2.50 x 2.11 x 0.913, las cuales se adaptan a la necesidad de una persona en situación de emergencia. También se pretende que el módulo se adose a otro dependiendo la cantidad de personas que conformen un determinado núcleo familiar, así, de esta forma se optimiza la cantidad de prototipos a producir en caso de emergencia.

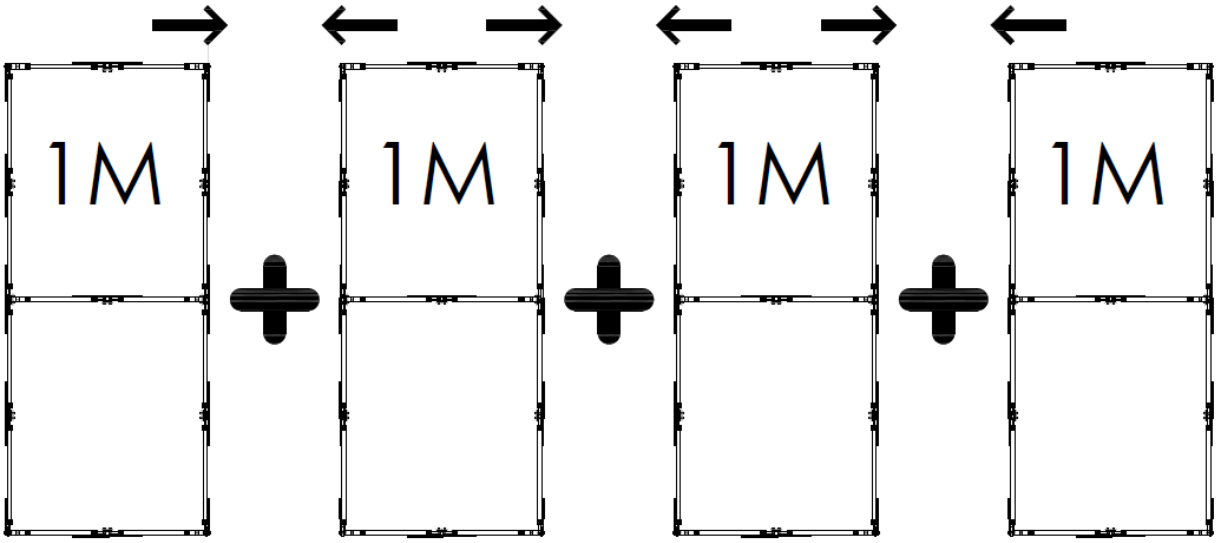


Figura 41. Conformación de módulos de acuerdo al total de integrantes del núcleo familiar.
Fuente: Autoría propia. 2018

Ensamblaje

Luego de cortar todos los materiales y de mecanizar todas las piezas, se procede a ensamblar el prototipo, como primer paso se atornillan las 20 platinas de transición a las bisagras de los 20 basculantes, conformando una de las dos caras de la estructura, cada basculante debe conformar un ángulo de 60° con respecto al basculante con el que está articulado. Esta acción se repite de igual forma con la cara de la estructura restante. Posteriormente se remachan las soporte tipo G de aluminio a los basculantes, estas van a asegurar la perfecta conformación de la figura geométrica prestablecida. Como tercer paso se atornillan las 6 riostras a una de las caras por medio de las 6 platinas de transición restantes y finalmente se asegura la otra cara a los otros extremos de las riostras.

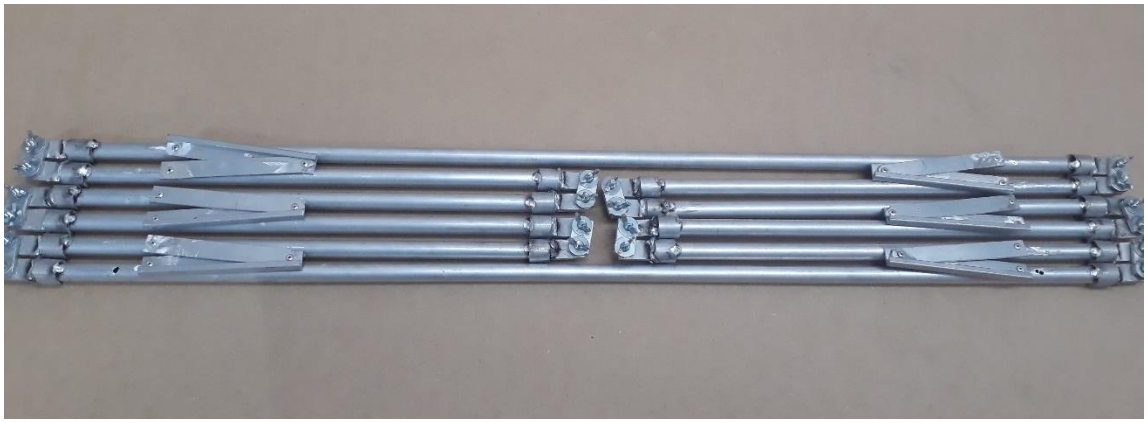


Figura 42. Cara vertical en estado plegado.
Fuente: Autoría propia. 2018.

Para desplegar la estructura se halan las dos caras verticales en sentido opuesto una de la otra, para desdoblar así las riostras, en este punto se aprietan los tornillos con las tuercas tipo mariposa hasta que las riostras queden alineadas. Luego se halan los basculantes hacia arriba, continuamente se aseguran los tornillos y se procura que queden alineados con respecto a las soporte tipo G de aluminio que están remachadas en cada unión. Esta operación se repite en cada cara del prototipo.

Figura 43. Prototipo desplegado.
Fuente: Autoría propia. 2018.

Transportación

Al embalar el módulo en caja de cartón con medidas de 120 x 20 x 10 cm el volumen que ocupa es de 0.024 m3 con un peso de 12.5 kg, en este sentido se proyecta esta medida a la capacidad de carga en volumen que poseen los camiones del Ejército Nacional, que son los vehículos encargados de transportar los recursos destinados a las víctimas de catástrofes.

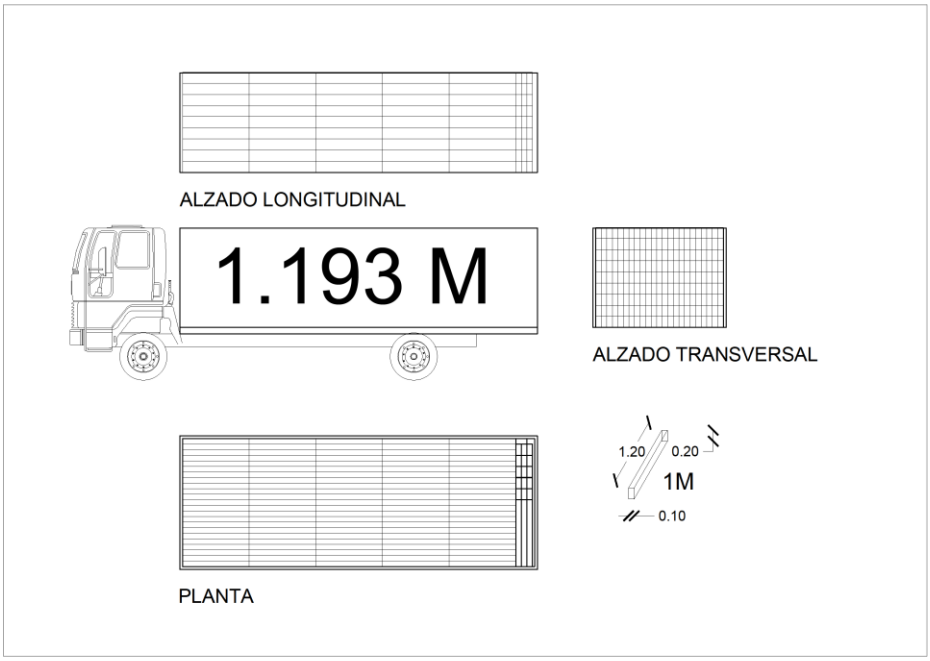


Figura 44. Proyección capacidad de carga camión FTR de 10 toneladas.
Fuente: Autoría propia. 2018

Utilizando el camión Chevrolet FTR de 10 toneladas, suministrado por el Ejército Nacional de Colombia, cuyo volumen de carga es 27.61 m3 se estima que cabrían un total de 1.193 módulos para ser utilizados como albergues temporales.

Presupuesto

Tabla 4.Presupuesto prototipo. Autoría propia, 2018.

ITEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO COSTO DIRECTO	PRECIO COSTO DIRECTO	VALOR SUB CAPITULO COSTO DIRECTO	VALOR CAPITULOS COSTO DIRECTO
1	2	3	4	5	6	7	8
1	**ESTRUCTURA**						$ 53.988
1.1	**BASCULANTES**					$ 41.712	
1.1.1	TUBO ALUMINIO CIRCULAR 3/4"	ML	12,64	$ 3.300	$ 41.712		
1.2	**RIOSTRAS**					$ 12.276	
1.2.1	TUBO ALUMINIO CIRCULAR 3/4"	ML	3,72	$ 3.300	$ 12.276		
2	**ARTICULACIONES**						$ 191.261
2.1	Varilla perforada en 3/4" Ø X 0,023 M	ML	1,196	$ 24.667	$ 29.501	$ 191.261	
2.2	Platina doble perforación en 1/4" Ø	ML	1,04	$ 33.900	$ 35.256		
2.3	Platina perforación sencilla en 1/4" Ø	ML	0,48	$ 33.900	$ 16.272		
2.4	Platina bisagra perforación en 1/4" Ø	ML	2,08	$ 33.900	$ 70.512		
2.5	Soporte tipo G acanalada 7/8 x 5/16"	ML	2	$ 8.600	$ 17.200		
2.6	Soporte tipo G lisa 3/4 x 1/8"	ML	2	$ 6.150	$ 12.300		
2.7	Tornillo hexagonal 1/4 x 1"	UN	52	$ 80	$ 4.160		
2.8	Tuerca mariposa 1/4"	UN	52	$ 80	$ 4.160		
2.9	ARANDELA 1/4"	UN	52	$ 25	$ 1.300		
2.10	Remache 5/16"	UN	60	$ 10	$ 600		
3	**ENVOLVENTE**						$ 188.400
3.1	Cubierta	ML	7,2	$ 15.700	$ 113.040	$ 188.400	
3.2	Laterales	ML	4,8	$ 15.700	$ 75.360		
4	**ACCESORIOS**						$ 22.000
4.1	Cremallera	ML	10	$ 800	$ 8.000	$ 22.000	
4.2	Velcro	ML	10	$ 1.000	$ 10.000		
4.3	Cordón vientos	ML	6	$ 500	$ 3.000		
4.4	Slider	UN	4	$ 250	$ 1.000		
5	**MANO DE OBRA ALUMINIO**						$ 111.160
5.1	Soldadura	CM	428	$ 220	$ 94.160	$ 111.160	
5.2	Perforaciones 1/4"	UN	236	$ 50	$ 11.800		
5.3	Perforaciones 3/4"	UN	52	$ 100	$ 5.200		
6	**MANO DE OBRA LONA**						$ 30.000
6.1	Uniones en máquina plana	ML	12	$ 2.500	$ 30.000	$ 30.000	

	TOTAL COSTOS DIRECTOS				**$ 596.809**	**$ 596.809**	**$ 596.809**

Conclusiones

1. Los albergues temporales son espacios que requieren cumplir condiciones específicas para ser habitables y confiables, por tanto los materiales utilizados tanto para la estructura como la envolvente más eficientes fueron el aluminio y la lona de poliéster respectivamente.

2. El confort térmico en los módulos fue mejorado debido al incremento en la densidad del material utilizado para la envolvente, dando como resultado una mejoría de 2°C en promedio en horas de la noche y madrugada.

3. La estabilidad estructural de los módulos está determinada por el grado de tracción al cual esté sometida la lona de poliéster, así mismo la rigidez proporcionada a la estructura en las articulaciones entre basculantes.

4. El grado de eficiencia del módulo está ligado a su capacidad de ser armado y desarmado de forma rápida, a su peso y su volumen.

5. El concepto de estructuras dinámicas aportó una reducción del 99.28 % en el volumen en estado plegado del módulo.

6. La utilización del hexágono como forma básica aumentó en 0.86 m2 el área cubierta del prototipo en comparación con la forma triangular utilizada por la Cruz Roja.

7. Los elementos sometidos a tracción constante permiten estructuras flexibles, generando espacios con mayor área cubierta con menor masa.

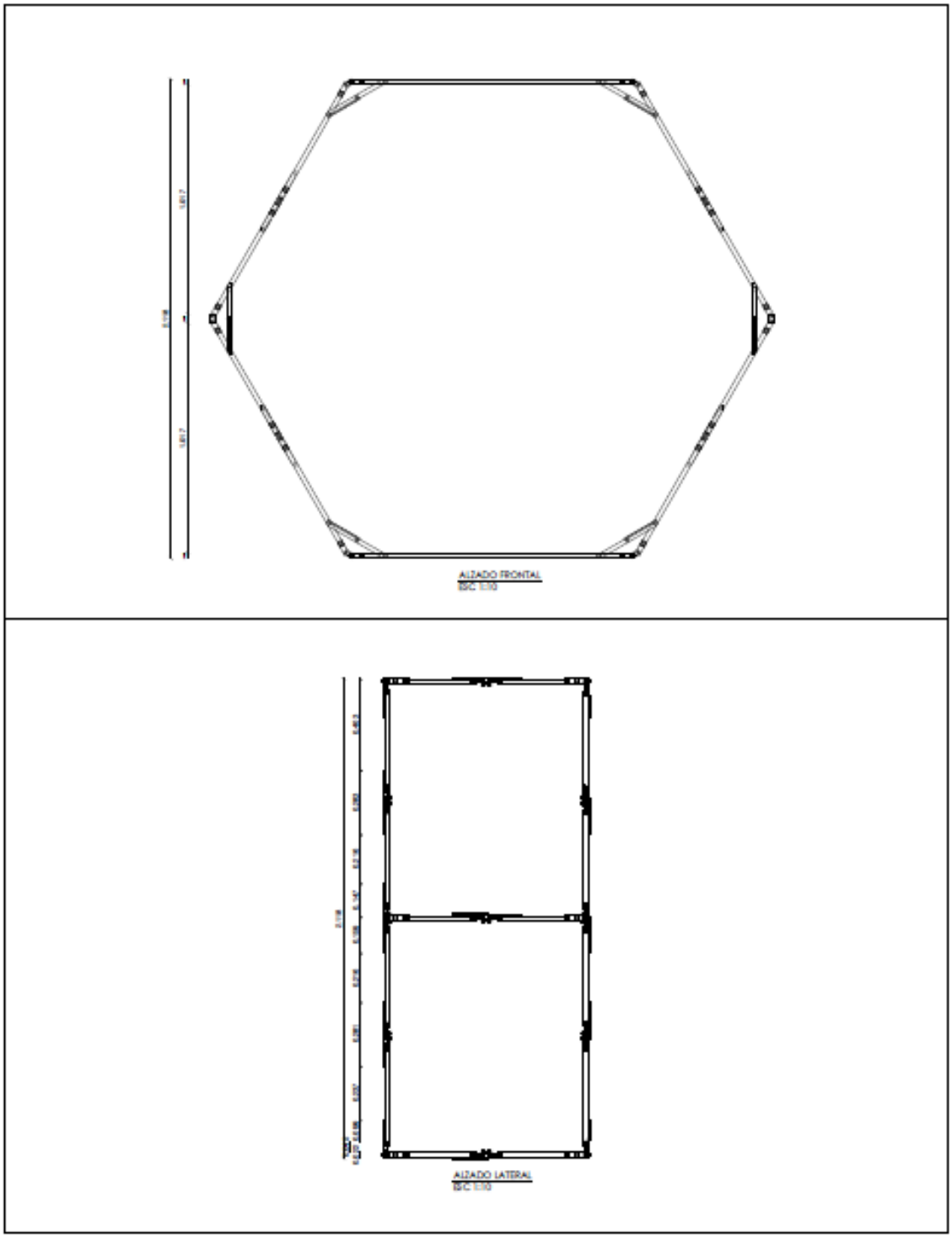
8. Se redujo el costo total con respecto al módulo de la Cruz Roja en 29.37%.

Recomendaciones

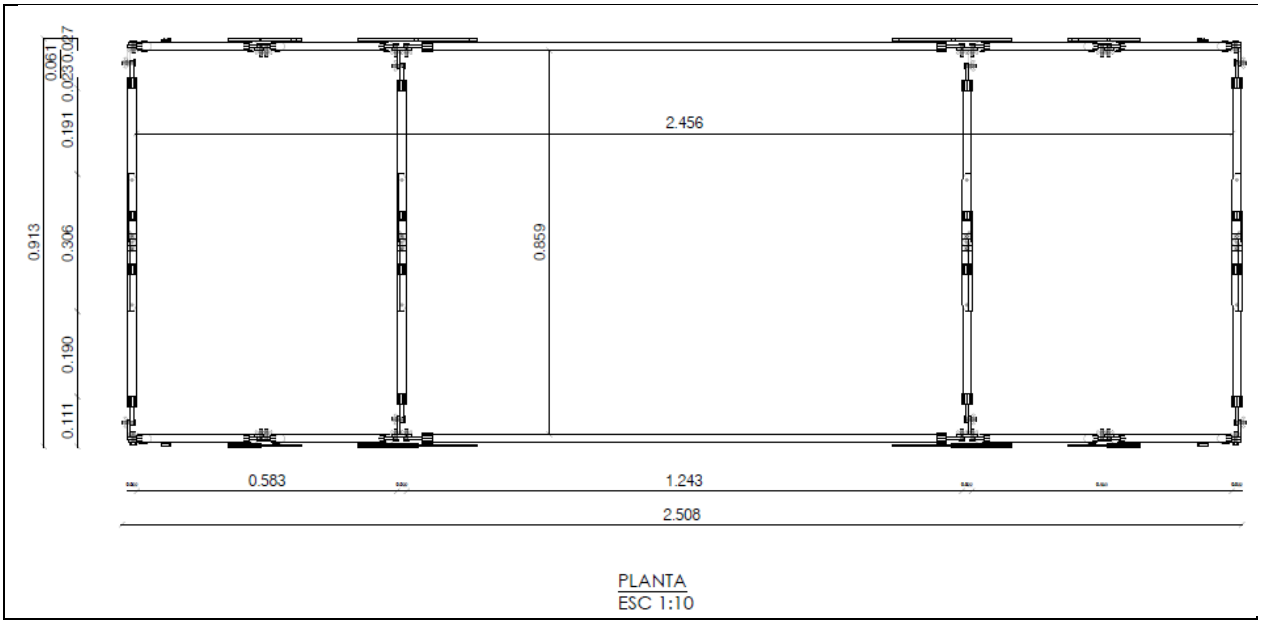
1. Las articulaciones por medio de bisagras tipo tubo deben hacerse con uniones pernadas, la soldadura debilita el material por efecto del calor.
2. Las dimensiones de los elementos deben hacerse de acuerdo a cálculos técnicos para los materiales y el tipo de estructura que se vaya a emplear, esto para mejorar el desempeño en cuanto a estabilidad estructural.
3. Profundizar en el estudio de estructuras dinámicas, de tal modo que se propongan articulaciones que no requieran ser ajustadas manualmente.
4. Las “alas” de la tuerca mariposa deben tener una longitud mayor a la especificada para ejercer mayor torque sobre el tornillo hexagonal.

Anexos

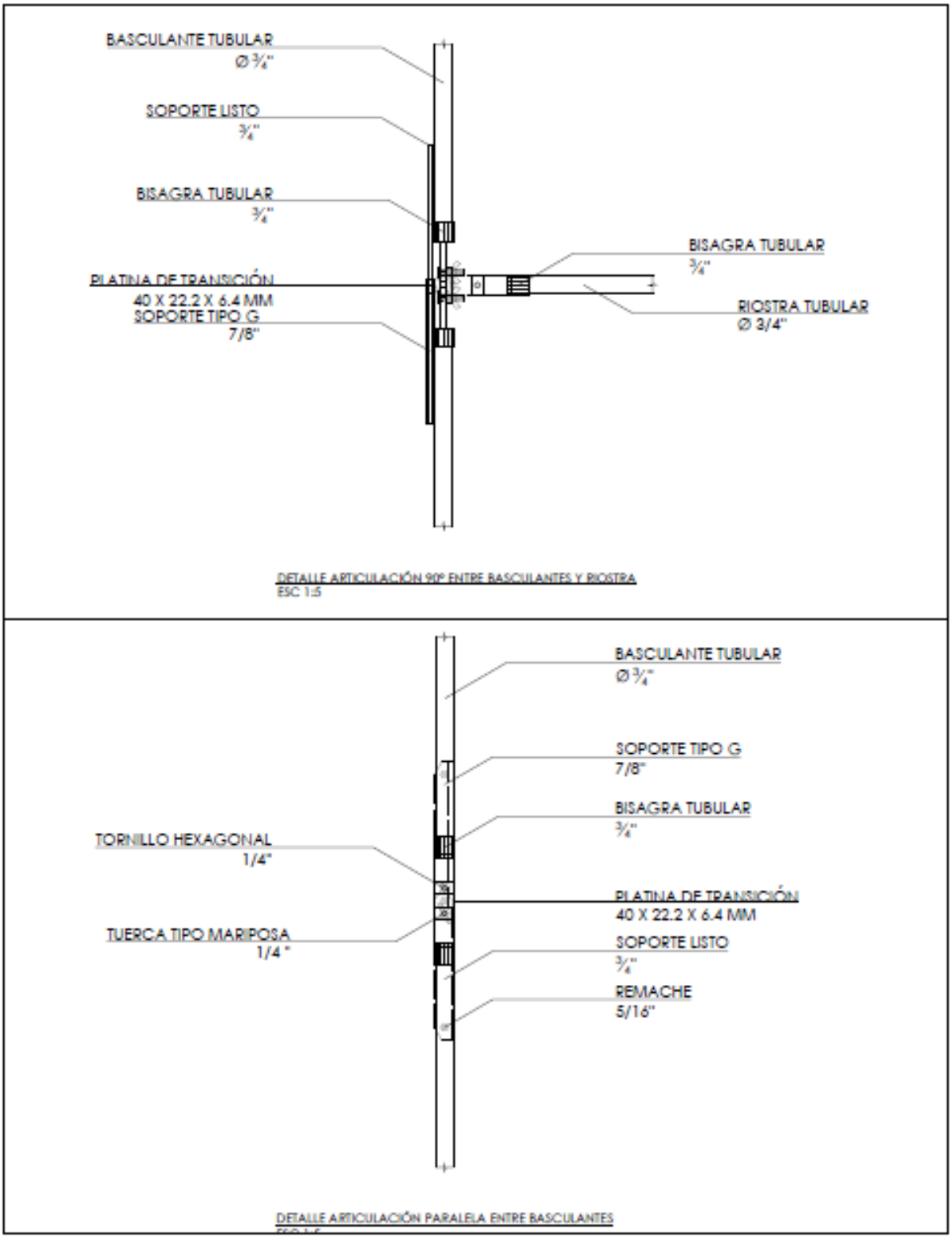
Anexo A. Alzado frontal y lateral



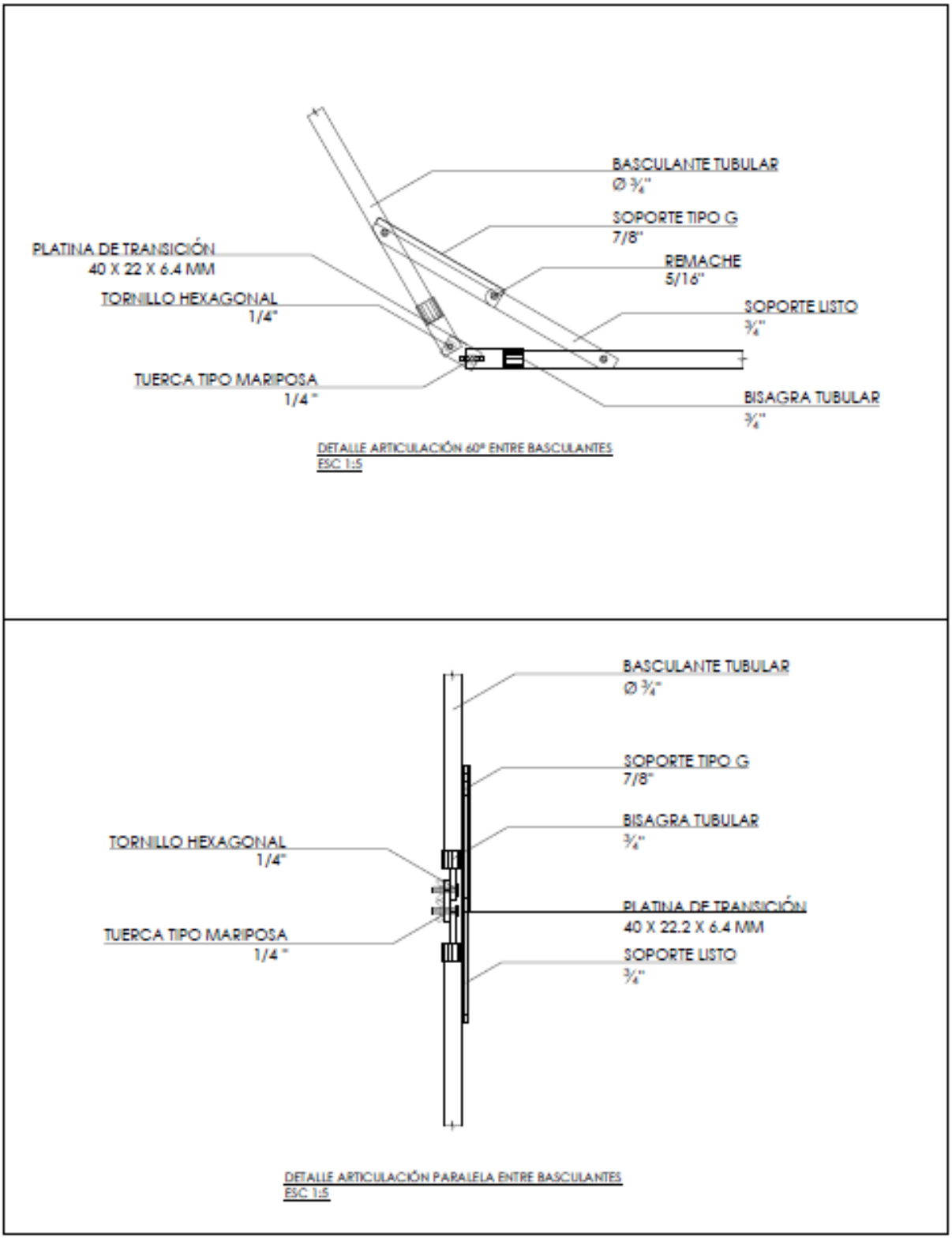
Anexo B. Planta.



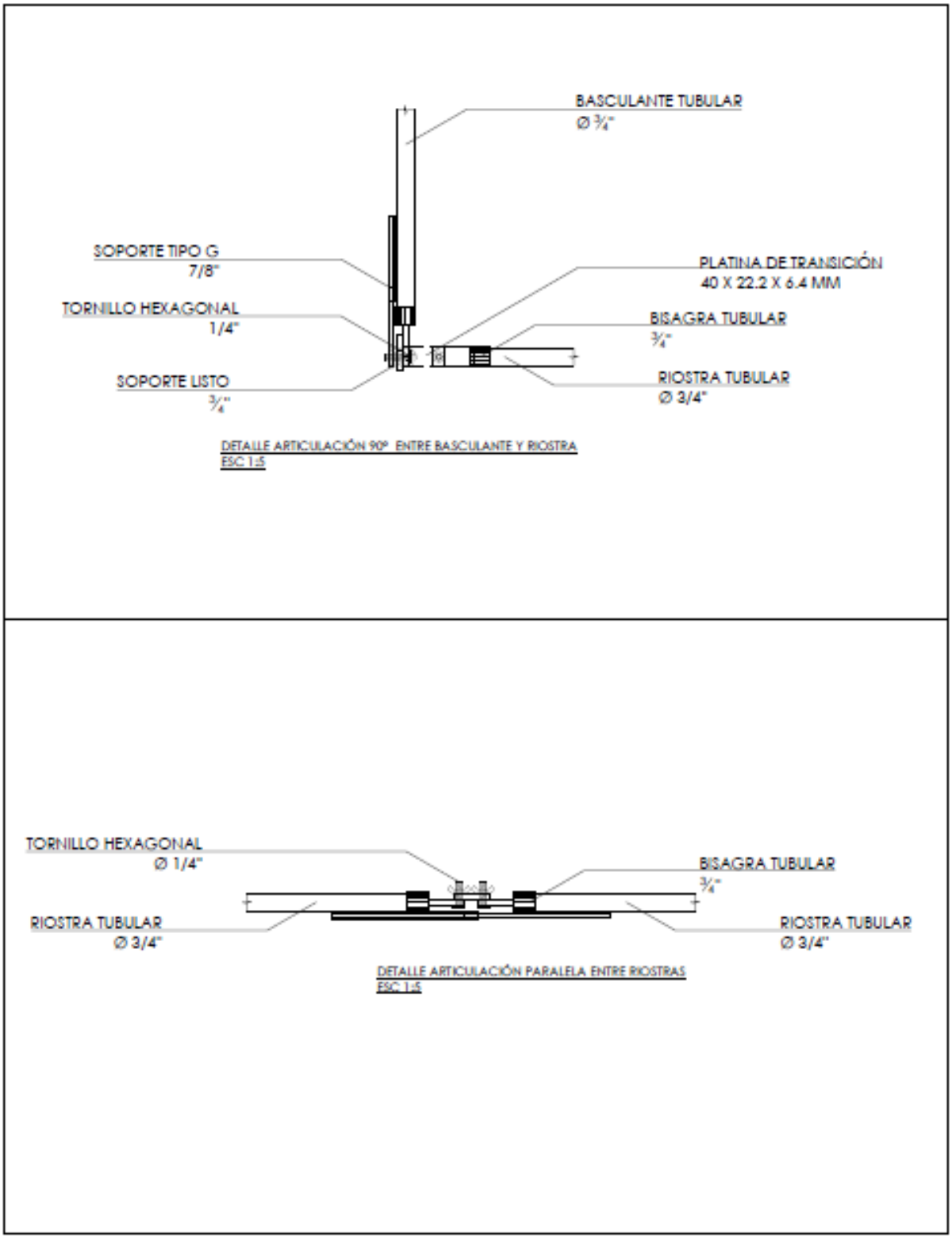
Anexo C. Detalles constructivos



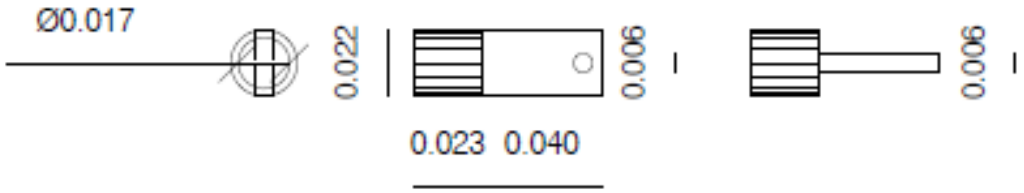
Anexo D. Detalles constructivos



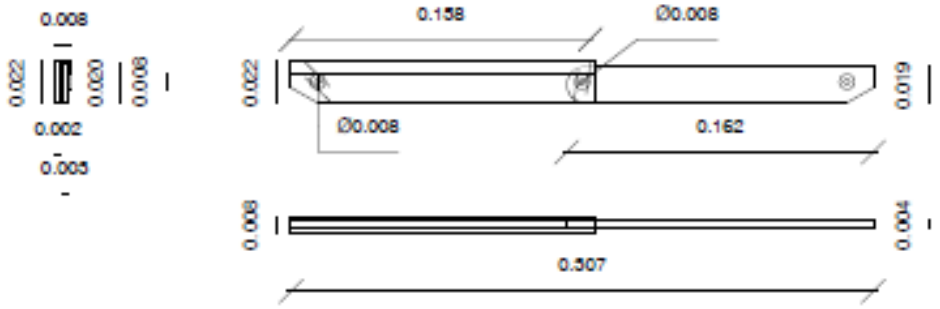
Anexo E. Detalles constructivos.



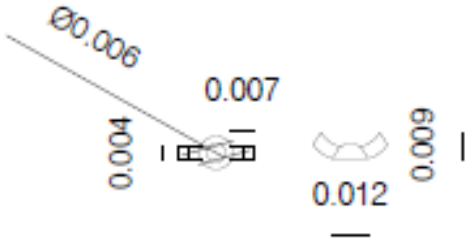
Anexo F. Despiece estructura.



BISAGRA TIPO TUBO
ESC 1:2

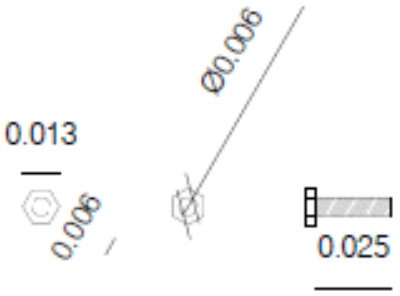


SOPORTE TIPO G
ESC 1:2



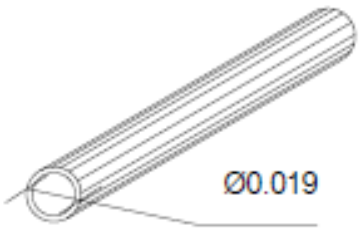
TUERCA MARIPOSA $\frac{1}{4}$"
ESC 1:2

Anexo G. Despiece estructura.

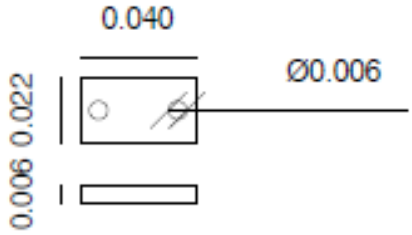


TORNILLO HEXAGONAL 1/4"
ESC 1:2

ARANDELA 1/4"
ESC 1:2



TUBO DE ALUMINIO 3/4"
ESC 1:2



PLATINA DE TRANSICIÓN
ESC 1:2

Referencias bibliográficas

Alcaldia de Bogotá. (11 de 10 de 2006). *Régimen Legal de Bogotá - Decreto 423 de 2006*. Obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21916

Alcaldia Mayor de Bogotá. (1 de Mayo de 1989). *Régimen Legal de Bogotá*. Obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13549

Alcaldia Mayor de Bogotá. (11 de 10 de 2004). *Regimen legal de Bogotá-Decreto 332* . Obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14974

Alcaldía Mayor de Bogotá. (10 de 10 de 2007). *Alcaldiabogota*. Obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=34553

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1 de 1 de 2018). *alcaldia bogota*. Obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68359

Benítez, C. F. (20 de 1 de 2015). *Universidad Católica de Pereira.* Obtenido de http://200.21.98.67:8080/jspui/handle/10785/2603

Cardenas, J. (2012). Alternativa de albergue temporal en estructuras metálicas desarmables basadas en las lecciones aprendidas en la construcción de unidades metálicas móviles para oficinas . Bucaramanga: UPB.

Cerón, S. (1 de 3 de 2017). *Universidad de San Buenaventura.* Obtenido de http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4321/3/dise%C3%B1o_sistema_integral_ceron_2017.pdf

Chemillier, P. (1980). *Industrialización de la construcción los procesos tecnológicos y su futuro.* Barcelona: Editores técnicos asociados s.a.

Cruz Roja Colombiana. (25 de 8 de 2008). *Cruz Roja Colombiana*. Obtenido de http://web.cruzrojacolombiana.org/publicaciones/pdf/manual_final_albergues_temporales_1912011_035711.pdf

Davis, I. (1980). *Arquitectura de emergencia.* Barcelona: Gustavo Gili.

Díaz, J. (01 de 08 de 2013). *Universidad Piloto de Colombia.* Obtenido de http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00000973.pdf

Eltahan, E. (1 de marzo de 2018). *ScienceDirect.* Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.12.005

Gordillo, F. (2006). *Hábitat transitorio: vivienda para emergencias por desastres en Colombia.* Bogotá: Unal.

Idiger. (27 de 04 de 2018). *Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático*. Obtenido de http://www.idiger.gov.co/rsismico

International Organization for Standardization. (1 de noviembte de 2005). *International Organization for Standardization.* Obtenido de https://www.iso.org/standard/39155.html

López, A. (17 de diciembre de 2015). *Universidad Politécnica de Madrid.* Obtenido de http://oa.upm.es/39614/1/7_Pabellon_aleman_Frei_Otto_expo_67.pdf

Marrero, A. (10 de 6 de 2011). *Universidad Central de Venezuela.* Obtenido de https://www.fau.ucv.ve/trienal2011/cd/documentos/tc/TC-11.pdf

Medina, J. (2013). Prototipo de vivienda emergente con material alternativo. Bogotá: UGC.

Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). *IDRD*. Obtenido de https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/7titulo-g-nsr-100.pdf

Murillo, C. G. (2011). Diseño de módulos de emergencia fabricados con materiales reciclables como alternativa de albergue en caso de catastrofe. *Tésis de grado*. Boogotá: UGC.

Pérez, C. (2004). Propuesta de un tipo de vivienda industrializada para emergencias. Bogotá: UGC.

Quinchía, A. M. (1 de 12 de 2007). *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200002

Saunders, G. (2007). Obtenido de http://www.plastic-sheeting.org/ref/PSGuidelines-spanish-090114.pdf

Sociedad Colombiana de Geotecnia. (1 de 12 de 2010). *Sociedad Colombiana de Geotecnia*. Obtenido de http://www.scg.org.co/microzonificacion-sismica-de-bogota-d-c/

Soler, D. (2011). Proyecto de hábitat temporal de emergencia con materiales reciclables industrializados . Bogotá: UGC.

Wiesenfeld, E. (2001). *La autoconstrucción un estudios psicosocial del significado de la vivienda.* Caracas: Editorial Latina.

Yu, Y. (7 de junio de 2016). *ScienDirect.* Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.152

Zhang, L. (1 de marzo de 2017). *ScienDirect.* Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.csite.2017.02.001